



USINAS DE RECICLAGEM DE ENTULHO E OS ENTRAVES EXISTENTES NO SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL: UMA PESQUISA EXPLORATÓRIA

WASTE RECYCLING PLANTS AND EXISTING BARRIERS IN CONSTRUCTION SECTOR: AN EXPLORATORY RESEARCH

-  João Alexandre Paschoalin Filho ¹
-  Sueli Aparecida Frasson ²
-  Diego Gonçalves Camelo ³
-  Diego de Melo Conti ⁴
-  Tatiana Tucunduva Philippi Cortese ⁵

¹ Doutor - Universidade Nove de Julho - UNINOVE
jalexandre@uni9.pro.br

² Mestre - Universidade Nove de Julho - UNINOVE
sueli_frasson@yahoo.com.br

³ Mestre - Universidade Nove de Julho - UNINOVE
diego_camelo@outlook.com

⁴ Doutor - Pontifícia Universidade Católica de Campinas – PUCAMP
diegoconti@uol.com.br

⁵ Doutora - Universidade Nove de Julho - UNINOVE
tatianatpc@unni9.pro.br

Recebido em: 21 ago. 2018

Aprovado em: 06 nov. 2019

Cite como - American Psychological Association (APA)

Paschoalin Filho, J. A., Frasson, S. A., Camelo, D. G., Conti, D. de M., & Cortese, T. T. P. (2021, jan./mar.). Usinas de reciclagem de entulho e os entraves existentes no setor da construção civil: uma pesquisa exploratória *Exacta*, 19(1), 52-72.
<https://doi.org/10.5585/exactaep.v19n1.10318>

Resumo: Com o objetivo de reciclar resíduos de obras, as Usinas de Reciclagem de Entulho (URE) reduzem o impacto ambiental da indústria da construção civil. Assim, este artigo discute o papel das URE na promoção de variáveis ambientais na gestão de resíduos de construção. Para isso, utilizou-se metodologia de estudo de caso em sete URE localizadas na região de São Paulo, além de entrevistas com gestores das usinas. O presidente da Associação Brasileira de Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição e engenheiros experientes em obras civis também foram entrevistados. Conclui-se que as URE têm potencial para promover a inserção de variáveis ambientais no setor de construção civil, porém, existem muitas barreiras. Estas incluem a falta de programas de qualidade para agregados reciclados, o uso de métodos de produção ineficientes, baixa qualificação de mão-de-obra, falta de esclarecimentos ao mercado e ausência de leis que incentivem o uso de resíduos.

Palavras-chave: Usinas de Reciclagem de Entulho. Resíduos de Construção Civil. Sustentabilidade.

Abstract: With the purpose of recycling waste from construction works, Recycling Plants (RP) reduce the environmental impact of civil construction industry. Thus, this paper discusses role of RP's in the promotion of environmental variable in the management of construction wastes. For that, a case study methodology was used in seven RP located in the region of São Paulo, as well as interviews with RP managers. The President of the Brazilian Association for Recycling of Civil Construction and Demolition Waste, and experienced engineers in civil works were also interviewed. It is concluded that RP have potential to promote the insertion of environmental variable in civil construction sector, however, there are many barriers. These include the lack of quality programs for recycled aggregates, the use of inefficient production methods, low labor qualification, lack of clarification to the market and absence of laws that encourage the use of waste in construction sites.

Keywords: Construction Waste Recycling Plants. Construction and Demolition Wastes. Sustainability.

1 Introdução

A indústria da construção civil desempenha importante papel no desenvolvimento das cidades. Segundo a Câmara Brasileira da Indústria da Construção – CBIC (2016), trata-se de um setor que influencia diretamente a economia de um país, gerando empregos diretos e indiretos. Na visão de Karpinski, Michel, Maculan, Guimarães e Saúgo (2008) este setor é o principal responsável por garantir a infraestrutura necessária para o desenvolvimento do Brasil.

Contudo, John (2000) e Dias (2004) ressaltam que a construção civil consiste na atividade econômica que mais consome recursos naturais, utilizando em torno de 50% de tudo que é extraído mundialmente. Segundo John (2000), somente na produção de concreto e argamassa, são utilizadas cerca de que 220 milhões de toneladas/ano de agregados naturais. Esa, Halog e Rigamontin (2017a) destacam que 40% de todo resíduo produzido pelas atividades industriais advém da construção civil.

Além da voracidade no consumo de recursos naturais, a indústria da construção também é considerada a que mais produz resíduos sólidos por toda sua extensa cadeia produtiva. Embora nem sempre essa situação seja perceptível ao cidadão comum, as quantidades de Resíduos de Construção Civil (RCC) geradas são significativas na composição dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU). Ulsen, Kahn, Ângulo e John (2010) estimam que os RCC possam constituir cerca de 50% dos resíduos sólidos de algumas municipalidades brasileiras. Azevedo e Kiperstok (2006) citam que, na cidade de Salvador, o volume de RCC constitui aproximadamente 45% do total gerado diariamente de RSU; enquanto que em São Paulo e Rio de Janeiro essa participação decai para 21% (Gomes, Nunes, Xavier, Cardoso & Valle, 2008).

Na União Europeia, os RCC constituem cerca de 22% do volume total de resíduos sólidos urbanos segundo Barros e Jorge (2008). Tam, Kotrayoathar e Loo (2009) comentam que 68% dos resíduos sólidos produzidos na Austrália são oriundos de atividades da construção civil. De acordo com Esa, Halog e Rigamontin (2017a), são geradas na Índia anualmente 14,5 milhões de toneladas de RCC, enquanto que na Malásia este valor situa-se em 20 milhões. Os autores destacam que as massas de RCC geradas mundialmente impõem grande pressão sobre os aterros licenciados, os quais possuem espaços limitados e encontram-se cada vez mais distantes dos centros urbanos.

Por este motivo, a reciclagem de entulho tem sido tema de estudos nacionais e internacionais no intuito de possibilitar a valoração dos resíduos gerados e mitigar os impactos ambientais causados (Arif, Bendi & Toma-Sabbagh, 2012).

Para Paschoalin Filho, Duarte e Faria (2016), a utilização de práticas gerenciais que visem à sintonia das operações do setor da construção civil com a sustentabilidade consiste em um importante paradigma a ser discutido pelo meio técnico, uma vez que proporciona a redução do impacto ambiental causado pela sua cadeia produtiva, dos custos incorridos (principalmente no transporte e deposição de

resíduos e importação de matéria prima) e colabora na solidificação de uma boa imagem das empresas envolvidas junto ao mercado consumidor e *stakeholders*.

Como forma de reduzir os impactos ambientais gerados pelos RCC, Schneider e Philippi Jr. (2004), apontam a reciclagem destes. Para John (2000), a reciclagem contribui na produção de materiais que serão utilizados em novas construções, reduzindo o custo das novas obras, além da necessidade de aquisição de matérias primas naturais.

No contexto da reciclagem dos RCC, destaca-se a atuação das Usinas de Reciclagem de Entulho (URE) como importantes agentes, uma vez que estas não consistem apenas em uma forma de destinação final dos RCC, mas sim um ponto de reinserção destes na cadeia produtiva da construção civil.

Segundo Miranda, Ângulo e Careli (2009) até o ano de 2002, o Brasil possuía apenas 16 URE e a taxa de crescimento era reduzida, ou seja, apenas três novas instalações por ano; porém, observou-se um salto de novas instalações, de três para nove usinas por ano após a publicação da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) no 307/2002. Isso significou que, entre 2002 e 2009, foram implantadas 47 usinas por todo o país, sendo 51% pertencendo ao setor público e 49% ao setor privado.

De acordo com pesquisa setorial realizada pela Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição (ABRECON) para o período de 2015/2016, foram contabilizadas aproximadamente 310 usinas instaladas em diferentes regiões do país, o que demonstra que, em um período de 6 anos (2009/2015), este crescimento ultrapassou 43 novas instalações por ano, sendo 10% pertencentes ao setor público, 83% ao setor privado e 7% misto público/privado, o que demonstra a grande modificação que o setor vem demonstrando (ABRECON, 2016).

Deve-se destacar que grande parte dos impactos causados pelo setor da construção civil, principalmente em relação aos resíduos gerados, advém do fato de que uma significativa parcela das construtoras ainda trabalhar sua cadeia produtiva de forma linear, tal como já demonstrado por autores como Leitão (2015) e Leal (2015). Para Esa, Halog e Rigamontin (2017a), a fase executiva das obras contribui com as maiores quantidades de resíduos, quando esta não é eficientemente gerenciada. Segundo os autores, o grande volume de resíduos ocorre pela forma linear como as obras são geridas, ou seja, sempre baseadas na prática da seguinte ideia: “extrair – produzir – consumir – descartar”.

Diante deste contexto, apresenta-se a seguinte questão que norteou esta pesquisa: “Quais os entraves enfrentados pelas Usinas de Reciclagem de Entulho para sua melhor aceitação no setor da construção civil?”

Portanto, diante da problemática apresentada, justifica-se esta pesquisa, uma vez que se pretende apresentar estudo que fomente a discussão acerca do papel das Usinas de Reciclagem de Entulho como agentes na inserção da variável ambiental na Construção Civil; caracterizando-as como

uma alternativa para destinação dos resíduos sólidos gerados pelas obras, de forma que estes possam ser reciclados, valorados e, posteriormente, reinseridos na cadeia produtiva.

Arif, Bendi, e Toma-Sabbagh (2012) ressaltam a importância de estudos acerca dos impactos causados pelas atividades construtivas, tanto no meio urbano, quanto natural. Os autores incentivam pesquisadores a intensificarem estudos de novas ferramentas de gerenciamento dos resíduos gerados nas obras, na intenção de se mitigar os impactos causados e promover a inserção da variável ambiental na indústria da construção civil.

2 Fundamentação teórica

2.1 Usinas de reciclagem de entulho no manejo dos RCC

A reciclagem de RCC já ocorre desde os anos 1920, segundo Levy e Helene (2002). Por volta do ano de 1928, segundo os autores, foram iniciadas pesquisas no intuito de se avaliar tecnicamente a dosagem de concreto utilizando-se resíduos de construção.

De acordo com Levy e Helene (2002), a reutilização de RCC mais significativa que se tem conhecimento foi registrada após a II Guerra Mundial, onde estes foram utilizados na reconstrução das cidades europeias no período pós-guerra.

No Brasil, Bodi, Brito Filho e Almeida (1995) registram que no ano de 1984 foi realizada a pavimentação da primeira via de tráfego em São Paulo com aplicação de agregados reciclados nas camadas de reforço do subleito, bem como na sub-base, garantindo qualidade satisfatória no desempenho da via.

Segundo Melo (2011), o primeiro registro de elaboração de um Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil, ocorreu no ano de 1993, na cidade de Belo Horizonte, no intuito de se tratar os resíduos e evitar a deposição final destes em locais clandestinos. Posteriormente, no ano de 1995, foi inaugurada a primeira central de reciclagem da capital mineira, sendo uma segunda usina inaugurada no ano seguinte (1996) no bairro da Pampulha

Em Ribeirão Preto, no ano de 1996, foi inaugurada a primeira usina do interior do Estado de São Paulo e, posteriormente, no mesmo ano, mais uma usina foi inaugurada em São José dos Campos/SP. No entanto, esta última, foi fechada dois anos após sua inauguração (Cunha, 2007).

O manejo sustentável dos RCC tem merecido atenção de pesquisadores e da indústria da Construção Civil, que têm buscado formas de não apenas reduzir sua geração; mas, também, viabilizar a sua reutilização e reciclagem. O uso dos RCC em obras pode ocorrer sob várias formas, tais como: agregados para concreto não estrutural, na produção de argamassa, blocos e tijolos não estruturais, na pavimentação de estradas, em obras de drenagem, estabilização de encostas, recuperação topográfica, dentre outras possibilidades (Lu & Yuan, 2011; Yuan, 2012).

Segundo Paschoalin Filho, Duarte e Faria (2016) e Esa, Halog e Rigamontin (2017b), uma importante ferramenta de gerenciamento sustentável de RCC consiste no modelo da pirâmide da hierarquia de gestão de resíduos sólidos, sendo esta recomendada em legislações nacionais e internacionais, tais como: a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) do Brasil (Lei 12.305/2010); a Diretiva 2008/98/CE, relativa aos resíduos da União Europeia e a Lei de Recuperação e Conservação de Recursos (ECRA) da Agência de Proteção Ambiental (EPA) dos Estados Unidos (Hwang & Yeo, 2011; Inglezakis & Zorpas, 2011).

De uma forma geral, a reciclagem dos resíduos de Construção Civil traz inúmeras vantagens técnicas, econômicas e ambientais, as quais foram estudadas em diversas pesquisas (Hwang & Yeo, 2011; Arif, Bendi & Toma-Sabbagh, 2012; Oyedete, Regan, Meding, Obas & Elnokaly, 2013; Paschoalin Filho, Duarte, Guerner Dias & Cortes., 2013).

Dentre as vantagens apontadas por estas pesquisas, pode-se destacar: redução no consumo de recursos naturais não renováveis; redução de áreas necessárias para aterro; redução do consumo de energia; redução da poluição e geração de emprego e renda.

Conforme Souza, Segantini e Pereira (2008), a reciclagem dos RCC pode ser considerada uma alternativa ligada aos conceitos de sustentabilidade, introduzindo valor econômico, ambiental e social em materiais que seriam descartados.

Evangelista, Costa e Zanta (2010) comentam que, desde que devidamente reciclado, o resíduo de Construção Civil pode apresentar propriedades para sua utilização como material de construção. No entanto, segundo Cunha (2007), o fato do agregado reciclado apresentar uma aparência bem graduada e limpa não assegura a qualidade do processo de reciclagem; vários fatores podem interferir neste aspecto, desde a implantação da usina até a estocagem final do produto reciclado.

Manfrenato, Esguícero e Martins (2008) apontam as Usinas de Reciclagem de Entulho (URE) como uma alternativa para a reciclagem dos RCC e comentam que, em diversos municípios, já existem usinas produzindo agregados reciclados.

Melo, Ferreira e Costa (2013) destacam que as URE são definidas como áreas industriais equipadas para o processamento de entulho em dois produtos finais distintos: agregado de resíduo de concreto (ARC) e agregado de resíduo misto (ARM). De acordo com Cunha (2007), o entulho, após triagem inicial, ao passar pelo processo de reciclagem, é britado e peneirado, resultando em agregados reciclados e peneirados. Os parâmetros de projeto, implantação e operação das plantas fixas ou semifixas de URE são apresentados em diversas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas, tal como demonstrado na Figura 1:

Figura 1 - Normas técnicas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) sobre RCC (Resíduos de construção civil)

Norma	Título	Objetivo
ABNT NBR: 15.112	Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação.	Esta norma fixa os requisitos exigíveis para projeto, implantação e operação de áreas de transbordo e triagem de resíduos da construção civil e resíduos volumosos.
ABNT NBR: 15.113	Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação.	Esta norma fixa os requisitos mínimos exigíveis para projeto, implantação e operação de aterros de resíduos sólidos da construção civil classe A e de resíduos inertes.
ABNT NBR: 15.114	Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação.	Esta norma fixa os requisitos mínimos exigíveis para projeto, implantação e operação de áreas de reciclagem de resíduos sólidos da construção civil classe A.
ABNT NBR: 15.115	Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos.	Esta norma estabelece os critérios para execução de camadas de reforços do subleito, sub-base e base de pavimentos, bem como camada de revestimento primário, com agregado reciclado de resíduo sólido da construção civil, denominado “agregado reciclado”, em obras de pavimentação.
ABNT NBR: 15.116	Agregado reciclado de resíduos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos.	Esta norma estabelece os requisitos para o emprego de agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil, sendo destinados: a) obras de pavimentação viária; em camadas de reforço de subleito, sub-base e base de pavimentação ou revestimento primário de vias não pavimentadas, b) preparo de concreto sem função estrutural.

Fonte: Paschoalin Filho, Duarte, Guerner Dias e Cortes (2014).

Na visão de Paschoalin Filho, Faria, Pires e Duarte, (2016) as URE caracterizam-se como importantes *players* na demanda pela inserção da variável ambiental na Construção Civil; pois reduzem os impactos causados por este setor ao produzirem novos materiais de construção a partir da reciclagem dos resíduos gerados pelas obras, caracterizando-se, também, como forma de destinação alternativa em relação aos aterros licenciados tradicionais.

Além do aspecto ambiental, a utilização de agregados reciclados também apresenta vantagens financeiras para as obras. Stevenato (2005) observou que os preços de comercialização de agregados reciclados são 40,5% menores que agregados naturais de características semelhantes e para mesma finalidade. Miranda, Ângulo e Carelli (2009) indicam que, em média, os agregados reciclados podem ser

mais baratos em 40% quando comparados com os agregados naturais. Paschoalin Filho, Faria, Pires e Duarte (2016) verificaram uma diferença de aproximadamente 62% entre os preços de comercialização dos agregados reciclados e naturais na região de São Paulo. Entretanto, mesmo apesar das vantagens apresentadas, Evangelista, Costa e Zanta (2010) comentam que a utilização de resíduos reciclados ainda não é prática difundida no Brasil.

John, Ângulo e Kahn (2006) destacam que, apesar de diversas normas técnicas nacionais e internacionais regulamentarem a utilização de agregados reciclados nas obras, existem várias especificidades que ainda dificultam a utilização destes, tais como: pouca eficiência na triagem da fração mineral do RCC nas usinas, variabilidade intrínseca dos agregados de RCC reciclados, insuficiência de métodos de controle desses agregados e deficiência do controle de processamento. Os autores ainda destacam que o processo de inspeção das caçambas de RCC que chegam às URE no Brasil é de baixa eficiência, sendo efetuada, predominantemente, apenas por meios visuais e manuais.

Mesmo com as dificuldades apresentadas, os resíduos reciclados ainda possuem um grande potencial de inserção na Construção Civil, sendo a utilização destes nas obras prevista por sistemas de certificação ambiental de edifícios (LEED, AQUA, BREEAM etc), e em percentuais obrigatórios a serem empregados em obras públicas, tal como o estipulado pelo Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos da cidade de São Paulo (Paschoalin Filho, Faria, Pires & Duarte, 2016). Os autores também citam o Decreto Municipal 48.075, publicado no ano de 2006, o qual determinou a obrigatoriedade da utilização de agregados reciclados de construção em obras e serviços públicos do município de São Paulo.

Na visão de Evangelista, Costa e Zanta (2010) a utilização dos agregados reciclados será impulsionada pelos seguintes fatores: indisponibilidade de aterros para deposição final; aceitação gradual do mercado consumidor; políticas públicas de incentivo de utilização e produção dos agregados reciclados; esgotamento das jazidas de materiais naturais e conseqüente elevado custo destes; bem como por exigências ambientais e de uma economia sã.

3 Metodologia

Esta pesquisa pode ser considerada como exploratória, com metodologia de estudo de casos múltiplos, com abordagem qualitativa. As usinas selecionadas foram escolhidas pela localidade, porte, modelo de administração (público, privado e misto) e conveniência dos pesquisadores. Para Yin (2015), o estudo de casos múltiplos consiste em uma metodologia que abrange planejamento, técnicas de coletas de dados e análise dos mesmos. Ainda de acordo com o autor, nessa metodologia pode-se utilizar mais de uma fonte de informação, por exemplo: documentos, registros, entrevistas, observação direta etc. (Yin, 2015).

Assim, foram utilizadas as seguintes fontes de informação para a realização dos estudos de caso: observação direta não participante (por meio de visitas a cada URE), pesquisa a documentos fornecidos pelos gestores das URE, entrevistas semiestruturadas com gestores de cada usina. Ao todo, o universo de estudo foi composto por 7 Usinas de Reciclagem de Entulho (URE) que estão instaladas e em funcionamento nos municípios de Jundiaí (1 unid.), Itatiba (1 unid.), Guarulhos (1 unid.), São Paulo (2 unid.), Carapicuíba (1 unid.) e São Bernardo do Campo (1 unid.). Esta fase da pesquisa possuiu por objetivo realizar a caracterização das usinas em estudo e colher as opiniões dos gestores acerca da situação destas, a fim de se detectar dificuldades e necessidades que envolvem suas operações.

Eisenhardt (1989) destaca que não existe um número específico para se garantir que um estudo de caso seja bem-sucedido; mas, segundo Mintzberg e Waters (1982), um número entre quatro e dez casos proporciona bons resultados. Os autores comentam que números inferiores a quatro podem gerar teorias com baixo nível de complexidade e, que com mais de dez casos, a dificuldade passa a ser não só a complexidade; mas, também o volume de dados que serão tratados.

Foram também realizadas entrevistas semiestruturadas com cinco engenheiros civis (com experiência em obras civis e de infraestrutura variando entre 15 e 20 anos), a fim de se verificar o conhecimento e aceitação destes em relação à utilização dos agregados reciclados nos serviços de construção. A qualificação dos engenheiros é demonstrada na Figura 2. Também foi entrevistado o Presidente da Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição – ABRECON (Gestão 2016-2017). As Figuras 3 e 4 demonstram os roteiros de entrevistas utilizados.

Figura 2 - Qualificação dos engenheiros entrevistados

Engenheiro entrevistado	Qualificação profissional
E1	Profissional que atua buscando e divulgando formas de mitigar impactos ambientais, orientando e atuando junto a URE – Engenheiro Civil
E2	Profissional com largo conhecimento de execução de obras, desde sua composição a finalização, atuante na parte de orçamentos. Engenheiro Civil
E3	Engenheiro de estruturas com larga experiência em obras de grande porte de pontes e viadutos. Engenheiro Civil
E4	Profissional experiente em diversos tipos de obras, atuando em pavimentação asfáltica. Engenheiro Civil
E5	Profissional atuante e envolvido no tratamento de RCC, com visão abrangente e esclarecedora sobre produção e uso de agregados reciclados. Engenheiro Civil

Fonte: Dados da Pesquisa.

Figura 3 - Roteiro utilizado nas entrevistas com engenheiros e gestores de URE

Questão
1. Qual sua opinião em relação ao uso de agregados reciclados?
2. Mesmo sendo permitido pelo poder público a utilização de RCC, observa-se que ainda se usa pouco para aplicação em obras. O que influência na decisão de comprar o agregado reciclado ou natural?
3. Como os Órgãos Públicos poderiam influenciar no consumo do RCC na substituição dos agregados naturais em obras sob sua administração?
4. Você já usou ou usaria RCC em suas obras?
5. Você acha que as URE atuam promovendo ações voltadas ao Meio Ambiente ou só veem o lado econômico/financeiro?
6. Quais os problemas verificados em relação ao descarte dos RCC?

Fonte: Dados da Pesquisa.

Figura 4 - Roteiro utilizado nas entrevistas com o presidente da ABRECON

Questão
1. Qual sua opinião em relação ao uso de agregados reciclados?
2. Mesmo sendo permitida pelo poder público a utilização do RCC; observa-se que ainda se usa pouco para aplicação em obras. O que influencia na decisão de comprar o agregado reciclado ou natural?
3. Como os órgãos públicos poderiam influenciar no consumo do RCC em substituição dos agregados naturais em obras sob sua administração?
4. Qual sua opinião em relação às barreiras ainda existentes para a utilização dos agregados, mesmo estes apresentando-se em média 30% mais baratos que os agregados naturais?
5. Quais as suas expectativas em relação ao potencial do mercado consumidor de agregado reciclado e o que deve acontecer para que o consumo aumente?
6. Qual é a percepção do público consumidor acerca dos Resíduos de Construção e Demolição
7. Muitos construtores reclamam que mesmo sendo mais barato, os agregados reciclados ainda vêm muito heterogêneos na obra. O que você acha disso e se há algum esforço das usinas em relação à melhoria da qualidade do produto?
8. Os incentivos governamentais hoje existentes são suficientes para promover a utilização do agregado reciclado? Caso não, o que falta?
9. Sobre o papel das URE públicas, privadas e PPP. Qual o modelo de gestão que seria mais interessante para melhorar a gestão das URE e aumentar a participação do agregado no mercado?
10. E sobre as normas técnicas existentes. O que poderia ser feito para melhorar a gestão das URE e aumentar a participação do agregado no mercado?

Fonte: Dados da Pesquisa.

No intuito de verificar se há vantagem financeira na aquisição de agregados reciclados em relação aos naturais, foram realizadas pesquisas e comparações entre preços de venda de agregados naturais e reciclados por meio de cotações junto às usinas em estudo, pedreiras e jazidas que abastecem o setor da construção civil na mesma região onde se localizam as URE estudadas. A seguir são apresentados os resultados obtidos.

4 Resultados e discussões

4.1 Estudos de caso das usinas investigadas

4.1.1 Caracterização das Usinas

Em relação a condição de implantação das URE, constatou-se que 3 das 7 pesquisadas atendem a todos os requisitos prescritos na ABNT NBR 15.114/2004 “Resíduos Sólidos da Construção Civil – diretrizes para projeto, implantação e operação”, bem como leis ambientais.

Foi identificado que 5 URE utilizam somente triagem manual, enquanto que o restante utiliza sistema de triagem manual + mecanizada. Tal fato está de acordo com o comentado por John, Ângulo e Kahn (2006), os quais afirmam que a triagem dos RCC nas usinas ocorre predominantemente por meio de métodos manuais; o que reduz a eficiência da operação e permite a ocorrência de contaminante na massa de RCC a ser reciclada.

Quanto ao tipo de maquinário instalado, 5 usinas possuem o tipo fixo e 2 possuem fixo/móvel. De acordo com Jadovski (2005), os equipamentos móveis podem ser transportados e colocados em funcionamento em outras áreas da usina, quando a quantidade a ser reciclada estiver estocada em local que permita sua operação, sem precisar fazer o transporte do entulho. O autor comenta que o maquinário fixo necessita de maiores investimentos para implantação, no entanto possibilita maior capacidade de processamento. Ademais, o panorama observado na pesquisa é aderente ao apontado pela ABRECON (2016), no qual é relatado que a maioria das URE no Brasil são compostas por equipamentos fixos.

Entre os equipamentos de britagem mais utilizados pelas usinas, o de mandíbula está presente em 4, enquanto que o restante utiliza britador de impacto. Cunha (2007) e Jadovski (2005) comentam que nas usinas brasileiras há a predominância da utilização de britadores do tipo mandíbula, seguida de britadores de impacto. Cunha (2007) ainda comenta que algumas usinas utilizam cones de britagem e moinhos de rolo. Lima (1999) descreve o britador de impacto como sendo o ideal para a produção de materiais miúdos, enquanto que o de mandíbula é normalmente utilizado como britador primário. Segundo o autor, o britador de mandíbula é caracterizado elevada emissão de ruídos e apresenta baixo custo de manutenção.

Também fez parte da caracterização das URE a verificação dos recursos humanos utilizados na operação destas. Na Figura 5 são demonstrados os dados relativos aos recursos humanos verificados.

Figura 5 - Recursos humanos da URE investigadas

Questões	URE1	URE2	URE3	URE4	URE5	URE6	URE7
Quantidade de funcionários?	ND	5	20	22	12	42	ND
Foi realizado treinamento da equipe de trabalho?	S	S	S	S	S	S	S
A equipe possui curso profissionalizante em nível básico, médio, superior ou nenhum?	ND	N	Médio	N	N	N	ND
Há algum programa de qualidade para obtenção dos agregados reciclados?	N	N	N	N	N	N	N
Período de operação da URE?	8h	8h	10h	8h	8h	10h	8h
Foi realizado treinamento de segurança?	ND	N	S	N	N	S	S

Fonte: Dados da Pesquisa

Em que: ND = não informado pela URE; N=não; S=sim.

De acordo com a Figura 5, constata-se que as usinas operam em período de oito a dez horas por dia, sendo que nenhuma desenvolve atividades no período noturno. Para garantir seu funcionamento, as usinas têm quantidades variadas de colaboradores, divididos nas funções de triagem, operação de máquinas, manutenção e controle de produção. As usinas 1 e 7 não declararam quantos colaboradores são empregados nas suas operações.

O treinamento dos colaboradores em relação à operação consiste em uma ação realizada por todas as usinas. Em relação à mão de obra, percebe-se que as URE empregam profissionais com baixo nível de qualificação profissional. Somente a usina 3 declarou possuir funcionários com nível médio de ensino.

Deve-se destacar que a norma ABNT NBR 15.114/2004 recomenda em seu item “7.2.1” que os responsáveis pela URE deverão fornecer treinamento aos colaboradores em relação aos seguintes aspectos: i) forma de operação da reciclagem, com ênfase na atividade específica a ser desenvolvida pelo indivíduo e; ii) procedimentos de emergência. Assim, constata-se que somente as usinas 3, 6 e 7 estão de acordo ao exigido por este item da norma. A seguir, na Figura 6 são apresentadas as atividades de pós-produção dos agregados reciclados.

Figura 6 - Manejo pós-produção dos agregados reciclados pelas URE

Manejo pós-produção dos agregados reciclados	URE1	URE2	URE3	URE4	URE5	URE6	URE7
Armazenagem do produto, em silo, baias, céu aberto, separados por granulometria	CA	CA	CA	CA	CA	NA	CA
Acondicionamento para transporte, e bag ou granel	G	G	G	G	G	G	G
O produto é destinado é comercializado pela usina ao mercado consumidor privado (PRI) ou ao poder público municipal (PM)	PM	PRI	PRI	PRI	PRI e PM	PRI e PM	PM

Fonte: Dados da Pesquisa

Em que: CA= Céu Aberto; NA=Não Armazena; G = Granel; PM = Prefeitura Municipal e PRI= obras privadas.

Ao analisar a Figura 6, verifica-se que as usinas 1, 2, 3, 4, 5 e 7 armazenam o agregado reciclado a céu aberto e somente a usina 6 não adota esta prática; uma vez que esta produz somente o que é vendido, executando a britagem no ato do carregamento do material. Segundo o gestor da URE 6, esta prática libera área para aumentar o volume de recebimento do entulho.

Todas as URE realizam o transporte a granel de seus produtos por meio de caminhões basculantes ou comuns. As usinas 1 e 7, por serem gerenciadas pelo setor público, fornecem agregados reciclados somente para as prefeituras de seus municípios. As usinas 5 e 6 são gerenciadas por meio de parceria público-privada; assim pode-se verificar pela Figura 6 que estas enviam agregados reciclados tanto para as prefeituras, como para obras particulares. As demais usinas são gerenciadas pela iniciativa privada e não realizam comercialização de agregados reciclados com prefeituras.

4.1.2 Pesquisa de preços de comercialização dos agregados reciclados

No intuito de se verificar a vantagem financeira na aquisição dos agregados reciclados em relação aos naturais, foram realizadas pesquisas de preço nas URE estudadas, em jazidas e pedreiras. Os agregados, tanto natural, quanto reciclados, pesquisados foram: brita#1 (9,5 a 19mm), brita#2 (19 a 38mm), brita#3 (38 a 50mm), bica corrida (<50mm), rachãozinho (50 a 75mm) e rachão (125 a 450mm). A seguir, na Tabela 1, é apresentada uma comparação entre os preços médios obtidos, tanto para os agregados reciclados, como para os naturais.

Tabela 1 - Comparação entre os preços médios de comercialização

Agregado	Preço médio agregado natural (R\$)	Preço médio agregado reciclado (R\$)	Variação (%)
Bica corrida	48,5	30,0	38,1
Brita #1	48,5	30,0	38,1
Brita #2	48,5	30,0	38,1
Brita #3	48,5	30,5	37,1
Rachãozinho	48,1	30,0	37,6
Rachão	48,1	27,1	43,7

Fonte: Dados da Pesquisa

De acordo com a Tabela 1, os preços de comercialização dos agregados reciclados foram, em média, 38,8% (desvio padrão=R\$ 2,44, coeficiente de variação=6,3%) menores do que os preços dos agregados naturais. A diferença entre os valores de comercialização apresentados na Tabela 1 demonstram a vantagem financeira na aquisição de agregados reciclados em substituição aos naturais, tal situação já foi constatada por autores como Stevenato (2005), Miranda, Ângulo e Carelli (2009) e Paschoalin Filho, Faria, Pires e Duarte (2016).

4.2 Entrevistas semiestruturadas com profissionais da construção civil, gestores das URE e presidente da ABRECON

No intuito de se demonstrar conflitos e concordâncias entre as opiniões relatadas pelos agentes entrevistados (gestores das URE, engenheiros e presidente da ABRECON), foi elaborada a matriz apresentada na Figura 7.

Figura 7 - Matriz de opiniões elaborada com base nas entrevistas conduzidas

Assuntos	Agentes entrevistados		
	Engenheiros	ABRECON	Gestores das URE
Utilização dos agregados reciclados nas obras.	A maioria já utilizou e não vê problemas em utilizar agregados reciclados em suas obras.	O agregado reciclado ainda não é largamente difundido e conhecido na construção civil, há resistência acerca de sua qualidade e utilização.	Deve haver mais divulgação para incentivar seu uso.
Papel do poder público no incentivo à utilização do agregado reciclado.	Falta incentivo por não constar em editais a obrigatoriedade de utilização de agregados reciclados em obras licitadas.	Os incentivos são mínimos. Ficam muito mais no campo da teoria do que prática. Um avanço importante seria a isenção do ICMS, por exemplo.	Precisa-se criar leis e normas incentivando o uso dos agregados reciclados, a começar pelas obras públicas.

Papel das usinas na inserção da variável ambiental na construção civil.	Possuem importante papel, pois impedem que os resíduos sejam depositados em locais indevidos e ainda reduzem a necessidade de utilização de agregado natural.	As usinas têm papel importante, atuam evitando que os RCC sejam depositados irregularmente, evitando contaminar o meio ambiente. Também reduzem a necessidade de agregados naturais na construção civil	As usinas têm papel importante pelo fato que evitam a deposição irregular dos resíduos.
Aspectos técnicos acerca da utilização agregados reciclados nas obras de construção.	O agregado reciclado apresenta as condições técnicas necessárias, quando não há exigência de resistência estrutural. No entanto, ainda há muita heterogeneidade e impurezas.	A grande questão está ligada a impureza dos agregados reciclados produzidos. Muitas vezes as usinas não conseguem triar com eficácia os outros materiais como plástico, madeira e ferro, prejudicando a qualidade do produto.	O agregado reciclado tem todas as condições de atender as exigências das obras, sendo menos usados em obras estruturais.
Percepção do consumidor em relação a utilização dos agregados reciclados nas obras.	O agregado reciclado é pouco consumido por problema cultural. Se sua utilização fosse melhor divulgada, esta percepção poderia ser alterada.	Varia muito, mas, de uma forma geral, os consumidores entendem que, por serem reciclados, os agregados não têm qualidade. Dessa forma, os consumidores têm receio ou preconceito acerca do uso do material reciclado.	Por desconhecerem seu potencial, alguns veem os agregados reciclados como algo que não deve ser usado.
Percepção em relação a vantagem financeira de utilização do agregado reciclado em relação ao agregado natural.	Quando se tem alguma forma de reciclar na própria obra ou tem usina próxima, é mais vantajoso pela redução de frete e <i>royalties</i> .	O agregado reciclado tende a ganhar seu espaço por trazer redução de custos, algo que todos buscam em momento de crise.	Os preços de comercialização dos agregados reciclados são mais vantajosos em relação aos naturais, reduzindo os custos da obra.
Perspectiva acerca do uso do agregado reciclado na construção civil.	Se começarem a constar em projetos e editais, existe a possibilidade de melhora no consumo.	Muitas vezes não é previsto em edital ou projeto, o que leva a empreiteira a se sentir ainda mais insegura a respeito da aplicação.	Se fosse colocada a solicitação em editais, as empresas de construção civil iriam aceitar mais fácil.

Fonte: Dados da Pesquisa.

A matriz de opinião indica que, entre os agentes entrevistados, há consenso em relação à falta de incentivo de políticas públicas em relação a utilização dos agregados reciclados, o que consiste em um dos fatores limitantes para a difusão da utilização destes insumos nas obras de engenharia.

Pode-se observar que os engenheiros civis entrevistados demonstraram boa aceitação quanto a utilização dos agregados reciclados em suas obras, conferindo a este material a importância necessária para a inserção da variável ambiental na construção civil. No entanto, os profissionais relataram que a

utilização dos agregados reciclados ainda é pequena. Como justificativa, estes destacam as heterogeneidades e as impurezas encontradas nos agregados produzidos pelas URE, o que dificulta a aceitação por parte do mercado consumidor. Deve-se destacar que a necessidade de maior controle de qualidade dos agregados reciclados como fator de influência no incremento da aceitação destes pelo mercado consumidor é citada por autores como Evangelista, Costa e Zanta (2010), John, Ângulo e Kahn (2006), Cunha (2007), Vieira e Dal Molin (2004).

Os gestores das usinas ressaltam a necessidade de implantação de sistemas de qualidade e normatização nas URE, no intuito de se possibilitar a produção de agregados mais homogêneos e com melhores características. No entanto, ainda há um longo caminho a percorrer, uma vez que, para algumas usinas, ainda faltam adequações de local, equipamento e treinamento de pessoal. Tal situação pôde ser constatada nesta pesquisa, em que, por meio da Figura 5, observou-se que as usinas prospectadas ainda não dispõem de ferramentas de controle de qualidade dos agregados reciclados. Ademais, também se verificou que as usinas empregam funcionários de baixa qualificação profissional.

O presidente da ABRECON destaca a dificuldade das usinas em realizar a triagem dos resíduos de construção recebidos, o que resulta em impurezas nos volumes finais de agregados reciclados. Esta situação foi verificada neste estudo durante a caracterização das URE. Os resultados demonstraram que a maioria das usinas dispõem apenas de triagem manual, que, por ser realizada sem ajuda de equipamentos mecânicos, possui menor eficiência, permitindo muitas vezes a ocorrência de materiais contaminantes nas pilhas de resíduos, ou seja, materiais não classificados como Classe A pela resolução CONAMA nº 307/2002. Cunha (2007) e John, Ângulo e Kahn (2006) comentam que a maioria das URE no país ainda realizam triagem manual e visual dos resíduos, o que colabora para baixa qualidade final dos agregados produzidos. Vieira e Dal Molin (2004), Evangelista, Costa e Zanta (2010) comentam que, quando adotadas ferramentas de controle de produção dos agregados reciclados, é possível ampliar o emprego destes, além de proporcionar ganhos ambientais e econômicos para a obra.

Na visão dos entrevistados, a baixa utilização dos agregados reciclados nas obras também está relacionada a falta de conhecimento do consumidor. Segundo estes, há a ideia de que, pelo fato do agregado ser reciclado, este não possuiria qualidade necessária para a obra. Dessa forma, os entrevistados destacam o preconceito em relação a utilização deste insumo, mesmo este apresentando preços de comercialização inferiores aos agregados naturais. Para os gestores das URE, a criação e atualização de normas técnicas e incentivos governamentais poderiam ajudar a reverter esta situação.

Os gestores destacam que, se as obras públicas comesçassem a dar preferência ao agregado reciclado, possivelmente isso serviria de estímulo ao setor privado. De acordo com a Figura 6, somente as usinas públicas e aquelas geridas por meio de modelo de parceria público-privada é que fornecem agregados reciclados para as prefeituras dos municípios onde estas se localizam; contudo os gestores destas usinas reclamam que os volumes destinados para as prefeituras ainda são modestos.

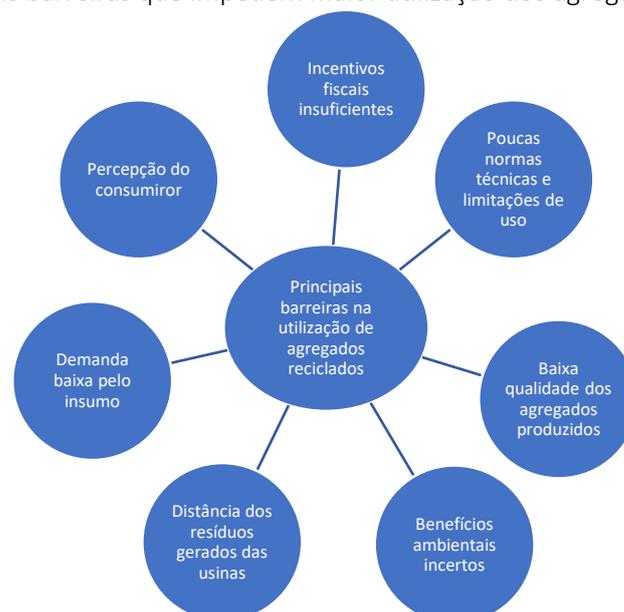
Em relação ao papel ambiental das usinas de reciclagem de entulho, os entrevistados concordam com Manfrenato, Esguícero e Martins (2008), Paschoalin Filho, Faria, Pires e Duarte, (2016) e Souza, Segantini e Pereira (2008), em relação às URE desempenharem fundamental importância na inserção da sustentabilidade no setor da construção civil. Dentre as vantagens ambientais citadas, destacam-se a redução da necessidade de extração de agregados naturais e a mitigação do descarte irregular dos RCC.

Os entrevistados apontam vantagens financeiras na utilização dos agregados reciclados. Segundo estes, a reciclagem proporciona valorização de resíduos que seriam descartados. Ademais, segundo estes, os preços de comercialização dos agregados reciclados são bem menores quando comparados aos dos agregados naturais. Tal fato pode ser observado na Tabela 1, na qual é apresentada uma diferença de aproximadamente 39% entre os preços médios de comercialização de agregados reciclados e naturais.

Os engenheiros também destacam a vantagem financeira em relação a redução dos valores de frete, uma vez que as URE estão situadas mais próximas ao mercado consumidor do que as pedreiras e jazidas. Segundo os engenheiros, a reciclagem “in loco” nas obras por meio de usinas móveis pode reduzir ainda mais custos com o frete. Estes ainda salientam que a reciclagem dos resíduos de construção possibilita a redução de custos com os *royalties* cobrados pelas áreas licenciadas de botafora, o que encarece significativamente os custos de destinação final destes resíduos.

Dessa forma, o panorama geral e as barreiras enfrentadas na utilização dos agregados reciclados, levantados por meio das entrevistas conduzidas, encontram-se aderentes ao já relatado por Silva, Brito e Dhir (2017), como se verifica na Figura 8.

Figura 8 - Principais barreiras que impedem maior utilização dos agregados reciclados nas obras.



Fonte: Silva, Brito e Dhir (2017).

Mesmo com as dificuldades de inserção dos agregados reciclados nas obras, todos os entrevistados acreditam no potencial de utilização deste material. Segundo estes, a maior utilização dos agregados produzidos pelas URE ocorrerá a partir do momento em que o mercado dispuser de informações mais consistentes em relação ao material e quando houver maiores incentivos governamentais, tais como legislações específicas prevendo a obrigatoriedade de utilização de agregados reciclados nas obras e incentivos fiscais; opinião que concorda com o apresentado por Evangelista, Costa e Zanta (2010).

Conclusões

A pesquisa realizada indica que, apesar de as Usinas de Reciclagem de Entulho apresentarem-se importantes na promoção da sustentabilidade na construção civil, pois reduzem o impacto do setor no meio ambiente e possibilitam a reinserção de resíduos na cadeia produtiva, estas apresentam limitações nas operações e processos que prejudicam a aceitação, por parte do mercado consumidor, em relação à utilização do material reciclado, mesmo apresentando custo de aquisição inferior ao agregado tradicional (natural).

As limitações estão relacionadas a falta de infraestrutura logística, a utilização de sistemas manuais e a baixa de qualificação técnica dos profissionais envolvidos no processo. Além disso, a pesquisa identificou que a baixa demanda do mercado pelos agregados produzidos pelas URE está associada a percepção do consumidor acerca da qualidade irregular dos produtos, a qual precisa ser melhorada por meio da implantação de programas de qualidade.

O estudo indica ainda que ações como a divulgação dos benefícios financeiros e ambientais dos materiais reciclados, bem como a criação de incentivos fiscais e de mecanismos regulatórios poderiam auxiliar a alavancar o mercado de agregado reciclado e a disseminação das URE no Brasil. Trata-se de uma ação necessária para a mudança de cultura do setor.

Referências

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15.112: 2004. Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para o projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15.113: 2004. Resíduos da construção civil e resíduos inertes – Aterros - Diretrizes para o projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15.114: 2004. Resíduos da construção civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para o projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15.115: 2004. Resíduos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação - Procedimentos. Rio de Janeiro

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15.116: 2004. Resíduos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos. Rio de Janeiro
- ABRECON – Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição. (2016). Panorama das usinas de reciclagem de RCC no Brasil: A Pesquisa Setorial ABRECON 2014/2015. São Paulo. SP
- Adams, K.T.; Osmani, M.; Thorpe, T. & Thornback, J. (2017). Circular Economy in construction: current awareness, challenges and enablers. *Waste and Resource Management*, v.170, p15-24. <https://doi.org/10.1680/jwarm.16.00011>
- Arif, M., Bendi, B. & Toma-Sabbagh, T. (2012). Construction waste management in India: na exploratory study. *Construction Innovation*. 12 (2), 133-155.
- Azevedo, G., & Kiperstok, A. (2006). Resíduos da construção civil em Salvador: os caminhos para um gestão sustentável. *Engenharia Sanitária Ambiental, II (1)*, 65-72.
- Barros, E., & Jorge, F. C. (2008). Gestão de RCC Resíduos de Construção e Demolição, na Obra de Ampliação do Aeroporto Francisco Sá Carneiro. *Revista da Faculdade de Ciência e Tecnologia*. Porto. - 62 – 74
- Bodi, J.; Brito Filho, J. A. & Almeida, S. (1995). Utilização de entulho de construção civil reciclado na pavimentação urbana. In: 29a Reunião Anual de Pavimentação, ABPV, Cuiabá, MT, 3. 409-436.
- Cunha, N.A. (2007). *Resíduos da construção civil: análise de usinas de reciclagem*. Dissertação (Mestrado) Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Universidade Estadual de Campinas, 176p.
- CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção Civil. (2016). Banco de dados. Disponível em: <http://cbicdados.com.br/institucional>. Acesso em 19/09/2017.
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução nº 307, de 05 de julho de 2002*. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/index.cfm>>
- Dias, J. (2004). A Construção civil e o meio ambiente. In: Anais do Congresso Estadual de Profissionais CREA. Uberlândia, Minas Gerais.
- Ellen MacArthur Foundation (2017). Uma economia circular no Brasil: Uma abordagem exploratório inicial. Disponível em: <<http://www.elenmacarthurfoundation.org/>>. acesso 06/03/2017.
- Esa, M.R.; Halog, A. & L., Rigamonti. (2017a) Strategies for minimizing construction and demolition wastes in Malasya. *Resources, Conservation and Recycling*, v.120, p. 219-229. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.12.014>.
- Esa, M.R.; Halog, A. & L., Rigamonti. (2017b) Developing strategies for managing construction and demolition wastes in Malasya based on concept of circular economy. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 19 (3) , p.1144-1154. DOI: 10.1007/s10163-016-0516-x

- Eisenhardt, K. M. (1989). Building theories from case study research. *Academy of Management Review*, 14 (4), 532-550.
- Evangelista, P. P. A.; Costa, D. B. & Zanta, M. V. (2010) Alternativa sustentável para destinação de resíduos de construção Classe A: sistemática para reciclagem em canteiros de obras. *Revista Ambiente Construído, Porto Alegre*, 10, (3), p. 23-40.
- Gomes, C.F.; Nunes, K.R.; Xavier, L.H.; Cardoso, R.; Valle, R. (2008). Multicriteria decision making applied to waste recycling in Brazil. *Omega*, 36 (3). 395-404.
- Hwang, B. G.; Yeo, Z. B. (2011) Perception on benefits of construction waste management in the Singapore construction industry. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 18 (4), p. 394-406.
- Inglezakis, V.J.; Zorpas, A. (2011) Industrial hazardous waste in the framework of EU and international legislation. *Management of Environmental Quality*, 22(5), p.566-580.
- Jadovski, I. (2005) Diretrizes técnicas e econômicas para usinas de reciclagem de resíduos de construção e demolição. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 180p.
- John, V.M. (2000). Reciclagem de resíduos na construção civil : contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento. (Tese de Livre Docência). São Paulo. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- John, V. M.; Ângulo, S. C.; Kahn, H. (2006) Controle de qualidade dos agregados de resíduos de construção e demolição reciclados para concretos a partir de uma ferramenta de caracterização. *Coletânea Habitare*, 7, p. 168-207.
- Karpinski, L., Michel, P., Maculan, L., Guimarães, J., & Saúgo, A. (2008). Proposta de gestão de resíduos da construção civil par o município de Passo Fundo - RS. *XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção*. Rio de Janeiro: ABEPRO. P 2-15.
- Levy, S.M; Helene, P.R.L. (2002). Evolução histórica da utilização do concreto como material de construção. *Boletim Técnico da Escola Politécnica – USP*. São Paulo
- Leitão, A. (2015). Economia circular: uma nova filosofia de gestão para o sec. XXI. *Portuguese Journal of Finance, Management and Accounting*. UCP. Porto. 1 (2). 149-171.
- Leal, A. I. G. C. (2015). O impacto da Economia Circular na cadeia de valor: O contexto das empresas Portuguesas. (Dissertação de mestrado). Universidade do Minho. Braga, Portugal.
- Lima, J. A. R. (1999). Proposição de diretrizes para produção e normatização de resíduos de construção reciclado e de suas aplicações em argamassa e concreto. Dissertação de Mestrado - USP, São Carlos.
- Lu, W.; Yuan, V. W. Y. (2011) Construction waste management policies and their effectiveness in Hong Kong: A longitudinal review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 23, (16), p. 214-223.
- Manfrenato, J. W. S.; Esguícero, F. J.; Martins, B. L. (2008) Implementação de usina para reciclagem de resíduos da construção civil como ação para o desenvolvimento sustentável-estudo de caso. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção – Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro.

- Melo, A.V. S. (2011). Diretrizes para a produção de agregado reciclado em usinas de reciclagem de resíduos da construção civil. (Mestrado). Federal da Bahia. Salvador.
- Melo, A. V. S.; Ferreira, E. A. M.; Costa, D. B. (2013) Fatores críticos para a produção de agregado reciclado em usinas de reciclagem de RCC da região Nordeste do Brasil. *Revista Ambiente Construído*. 13 (3) p. 99-115.
- Miranda, L.F.R., Angulo, S., & Careli, E. (2009). A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 1986-2008. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, 9 (1) 57-71.
- Mintzberg, H.; Waters, J. (1982) Tracking strategy in an entrepreneurial firm. *Academy of Management Journal*, 25, 465-499.
- Oyedete, L.O., Regan, M., Meding, J., Ahmed, A., Obas, J., & Elnokaly, A. (2013). Reducting waste to lanfill in the UK: identifying impediments and critical solutions. *World Journal of Science, Technology and Sustainable Development*. 10 (2). 131-142.
- Paschoalin Filho, J., Duarte, E., & Faria, A. (2016). Geração e manejo dos resíduos de construção civil nas obras de edifício comercial na cidade de São Paulo. *Espacios*, 37 (6), 30.
- Paschoalin Filho, J., Storopoli, J., & Duarte, E. (2014). Viabilidade econômica da utilização de resíduos de demolição reciclados na execução do contrapiso de um edifício localizado na Zona Leste da cidade de São Paulo. *REGET - UFSM*, 18 (2), 928-943.
- Paschoalin Filho, J. A; Duarte, E.B.; Guerner Dias, A.J & Cortes, P.L. (2013) Manejo de resíduos de demolição gerados durante as obras da arena de futebol Palestra Itália (Allianz Parque) localizada na cidade de São Paulo/Brasil. *Revista Holos*, 6 (3), p. 73-91.
- Silva, R.V.; Brito, de J.& Dhir, R.K. (2017) Availability and processing of recycled aggregates within the construction and demolition supply chain: A review. *Jornal of Cleaner Production*, 143, p. 598-614. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.070>.
- Souza, M. I. B.; Segantini, A. A. S. & Pereira, J. A. (2008) Tijolos prensados de solo-cimento confeccionados com resíduos de concreto. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 12 (2) , p.2015-212.
- Schneider, D., & Philippi Jr., A. (2004). Gestão pública de resíduos da construção civil no município de São Paulo. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, 4 (4), 21-32.
- Stevenato, S (2005) Estudo da viabilidade de implantação de usina de moagem de entulho com recursos da iniciativa privada no município de Bauru/SP. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, 1137p.
- Stahel, W.R. (2010) *The Performance Economy*. Palgrave Macmillan, Basingstoke, U.K.
- Ulsen, C., Kahn, H., Angulo, S., & John, V. (2010). Composição química de agregados mistos de resíduos de construção e demolição do estado de São Paulo. *Revista da Escola de Minas. Ouro Preto*, 63 (2), 339-346.
- Vieira, G.; Molin, Dal. (2004). Resistência e durabilidade de concreto produzidos com agregados reciclados provenientes de resíduos de construção e demolição. *Engenharia Civil*, 1 (19), 5-18.

- Yin, R.K. (2015). Estudo de caso: Planejamento e métodos. 5 ed. Bookman. Porto Alegre.
- Yuan, H. (2012) A model for evaluating the social performance of construction waste management. *Waste Management*, 32, (6), p. 1.218-1.228.
- Yuan, H.; Shen, L. (2011) Trend of the research on construction and demolition waste management. *Waste Management*, 31 (4), p. 670-679.
- Tam, V.W.; Kotrayothar, D. & Loo, Y.C. (2009) On the prevailing construction waste recycling practices: a South East Queensland Study. *Waste Management and Research*, v.27, p167-174.