

Inovação tecnológica no gerenciamento de resíduos de construção civil (RCC) na cidade de Guarulhos: estudo de caso usina de reciclagem de entulho

Technological innovation in construction waste management in Guarulhos city: case study construction and demolition wastes recycling plant

Innovación tecnológica en la gestión de residuos de construcción en la ciudad de Guarulhos estudio de caso planta de reciclaje de escombros

Tamara Francine Duarte Silva

Mestranda do Programa de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, Uninove, Brasil
tamarafrancine2007@gmail.com

Bruna Alves Machado

Mestranda do Programa de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, Uninove, Brasil
brunaam20@hotmail.com

João Alexandre Paschoalin Filho

Professor Doutor, Mestrado em Cidades Inteligentes e Sustentáveis, Uninove
paschoalinfilho@yahoo.com

RESUMO

Um dos assuntos mais debatidos, no que tange a sustentabilidade, consiste na redução dos impactos ambientais, em especial, aqueles causados pelas obras civis. A governança pública e Ambiental implica em um compartilhamento e responsabilização de diversos atores na busca por suprir as necessidades públicas, envolvendo, além do Estado, o setor empresarial, as organizações sem fins lucrativos e os cidadãos em geral. Diante desta situação, o setor da construção civil vem investindo em novas tecnologias e inovações no intuito de reduzir o volume de resíduos produzidos. A metodologia utilizada nesta pesquisa foi o estudo de caso, com visitas técnicas e entrevistas com colaboradores de uma Usina de Reciclagem de Entulho (URE) localizada em Guarulhos/SP. Foram também pesquisados preços de comercialização de agregados reciclados e naturais no intuito de compará-los. Observando-se os resultados obtidos pôde-se constatar que a reciclagem dos resíduos de construção civil (RCC), por meio de URE, demonstra vantagens sociais, ambientais e econômicas. Com a reciclagem dos RCC, pode-se reduzir a necessidade de extração de recursos naturais não renováveis, bem como a deposição dos resíduos em locais inapropriados. Os resíduos de construção, quando reciclados, possuem potencial tanto na utilização em obras, bem como na manufatura de novos materiais de construção. Assim, a URE em estudos é responsável pela reinserção do resíduo na cadeia produtiva no setor da construção civil.

PALAVRAS-CHAVE: Governança. Usina de reciclagem. Resíduos de construção civil. Reciclagem.

ABSTRACT

One of the most debated issues regarding sustainability is the reduction of environmental impacts, especially those caused by civil works. Public and Environmental Governance implies the sharing and accountability of various actors in the quest to meet public needs, involving, in addition to the State, the business sector, non-profit organizations and citizens in general. Given this situation, the construction industry has been investing in new technologies and innovations in order to reduce the volume of waste produced. The methodology used in this research was the case study, with technical visits and interviews with employees of a Rubble Recycling Plant (URE) located in Guarulhos / SP. Commercialization prices of recycled and natural aggregates were also researched in order to compare them. Observing the results obtained, it was found that the recycling of construction waste (RCC), through ERU, demonstrates social, environmental and economic advantages. By recycling the RCC, the need for extraction of non-renewable natural resources as well as the disposal of waste in inappropriate places can be reduced. Construction waste, when recycled, has potential both for use in construction and in the manufacture of new construction materials. Thus, the URE under study is responsible for the reinsertion of the waste in the production chain in the civil construction sector.

KEYWORDS: Governance. Recycling plant. Construction waste. Recycling.

RESUMEN

Una de las cuestiones más debatidas con respecto a la sostenibilidad es la reducción de los impactos ambientales, especialmente los causados por las obras civiles. La gobernanza pública y ambiental implica el intercambio y la rendición de cuentas de varios actores en la búsqueda de satisfacer las necesidades públicas, involucrando, además del Estado, el sector empresarial, las organizaciones sin fines de lucro y los ciudadanos en general. Ante esta situación, la industria de la construcción ha estado invirtiendo en nuevas tecnologías e innovaciones para reducir el volumen de residuos producidos. La metodología utilizada en esta investigación fue el estudio de caso, con visitas técnicas y entrevistas con empleados de una planta de reciclaje de escombros (URE) ubicada en Guarulhos / SP. También se investigaron los precios de comercialización de los áridos reciclados y naturales para compararlos. Observando los resultados obtenidos, se encontró que el reciclaje de residuos de construcción (RCC), a través de URE, demuestra ventajas sociales, ambientales y económicas. Al reciclar el RCC, se puede reducir la necesidad de extracción de recursos naturales no renovables, así como la eliminación de residuos en lugares inapropiados. Los residuos de construcción, cuando se reciclan, tienen potencial tanto para su uso en la construcción como en la

fabricación de nuevos materiales de construcción. Por lo tanto, la URE en estudio es responsable de la re inserción de los residuos en la cadena de producción en el sector de la construcción civil.

PALABRAS CLAVE: Gobierno. Planta de reciclaje. Residuos de construcción. Reciclaje

1 INTRODUÇÃO

Um dos maiores obstáculos com que se confronta a sociedade moderna é o equacionamento da produção intensa e da posição final ambientalmente segura dos resíduos sólidos. O mundo inteiro vem se preocupando em relação aos resíduos sólidos, em especial os resíduos da construção civil.

O tema se tornou prioridade desde a Conferência Rio 92, tanto nos países ricos quanto nos mais pobres, por influenciar direta ou indiretamente com o aquecimento global e as mudanças do clima. Desde a Rio 92, incorporaram-se novas prioridades à gestão sustentável de resíduos sólidos as quais representaram uma mudança no paradigma anteriormente existente, e têm orientado a atuação dos governos, da sociedade e da indústria. Incluem-se nessas prioridades a redução de resíduos nas fontes geradoras e a redução da disposição final no solo e a maximização do reaproveitamento e da reciclagem.

No aspecto ambiental, os principais problemas decorrentes dos RCC são os volumes gerados em excesso e a deposição irregular destes. O descarte de forma inadequada dos RCC provoca a poluição dos mananciais, contaminação do solo, deslizamentos, bloqueio dos sistemas de drenagem, assoreamento de rios e córregos, acabando, inclusive, por sobrecarregar as administrações públicas, que possuem a responsabilidade de remoção e a deposição desses resíduos (AZEVEDO; KIPERSTOK; SANTOS, 2006).

Portanto, é necessário implementar medidas que possam disciplinar a geração e destinação dos RCC, construindo Usinas de Reciclagem de Entulho próximas a locais de geração desses resíduos, com o objetivo de promover a reciclagem com baixos valores de frete. O aproveitamento do RCC alivia os efeitos da deterioração do meio ambiente e alivia o consumo de matéria-prima natural.

É indiscutível que a adesão à padrões de produção, consumo sustentável e o gerenciamento adequado dos resíduos sólidos reduzem significativamente os impactos ao ambiente e à saúde coletiva.

As funções da governança ambiental estão direcionadas para as práticas em conjunto e cooperadas entre os atores da sociedade civil, tanto do Poder Público quanto do setor empresarial (TENÓRIO, 2005; KISSLE; HEIDEMANN, 2006). É nesse seguimento que a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei n. 12.305 (2010), determina os princípios normativos para que os municípios, por meio da participação de vários atores sociais, para que ocorra a gestão integrada de resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

Deste modo, a principal característica de referência de gestão apresentado pela PNRS é a responsabilidade compartilhada entre os atores envolvidos. A gestão compartilhada e integrada de resíduos abrange o reconhecimento dos vários agentes sociais, caracterizando os papéis por eles realizados, e busca possibilitar sua articulação (CEZAR et al., 2014).

A reciclagem na construção civil gera muitos benefícios, dentre estes destaca-se a redução do uso de recursos naturais não renováveis. Diversos pesquisadores e técnicos têm desenvolvido

trabalhos em relação à utilização dos RCC reciclados como agregados em obras de pavimentação e fabricação de argamassas, na fabricação de blocos e artefatos entre outros.

As Usinas de Reciclagem de Entulho (URE) representam uma opção vantajosa visto que promovem a redução do impacto ambiental provocado pelos RCC e os reinsere na cadeia produtiva Paschoalin Filho, Dias e Cortes (2014) explicam que várias cidades brasileiras já implantaram usinas de reciclagem de entulho, os quais são aplicados em obras de pavimentação de avenidas, ruas, calçamentos e rodovias.

2 OBJETIVOS

Dentro do contexto apresentado, esse trabalho tem como objetivo avaliar a possibilidade de utilização de agregados reciclados de resíduos de construção civil (RCC) em substituição a materiais convencionais, propondo uma destinação simples para os resíduos da construção civil.

3 GOVERNANÇA SUSTENTÁVEL E O OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTOS SUSTENTÁVEIS

A Governança Ambiental envolve todas as esferas (privada, pública) em cada nas decisões acerca do meio ambiente, por meio das organizações civis e governamentais, a fim de obter ampla e irrestrita adesão ao projeto de manter a integridade do planeta. O conceito de "Governança" se baseia em multiplicidade de atores, sua interdependência, objetivos compartilhados, fronteiras fluídas entre público, privado e esferas associativas e multiplicidade de formas de ação, intervenção e controle.

A Governança Ambiental está relacionada com a implementação socialmente aceitável de políticas públicas, um termo mais inclusivo que governo, por abranger a relação Sociedade, Estado, mercados, direito, instituições, políticas e ações governamentais, associadas à qualidade de vida bem-estar, notadamente os aspectos relacionados com a saúde ambiental. Isto implica no estabelecimento de um sistema de regras, normas e condutas que reflitam os valores e visões de mundo daqueles indivíduos sujeitos a esse marco normativo. A construção desse sistema é um processo participativo, e acima de tudo, de aprendizagem.

O fato é que a governança no nível territorial tem sido associada e articulada através de parcerias, coalizões, alianças entre diferentes atores em iniciativas coletivas; promovendo interações do governo com outros atores - setor privado e não governamental e entre atores governamentais na medida em que nenhum ator, público ou privado, dispõe nem do conhecimento nem da informação para resolver problemas complexos, dinâmicos e diversificados; e isto demanda interdependências, que mostram as limitações do governo e a necessidade de fortes laços com os governos locais, o setor privado e as organizações sociais.

Ao enfatizar o conceito de Governança Ambiental se abre um estimulante espaço para repensar as formas inovadoras de gestão, na medida em que fazem parte do sistema de governança: o elemento político, que consiste em balancear os vários interesses e realidades políticas; o fator credibilidade, instrumentos que apoiem as políticas, que faça com que as

peças acreditam nelas e a dimensão ambiental. A Governança Ambiental não pode ser entendida, apenas, como uma construção ideológica, mas como exercício deliberado e contínuo de desenvolvimento de práticas cujo foco analítico está na noção de poder social que media as relações entre Estado, Sociedade Civil, os mercados e o meio ambiente.

O conceito de governança foi inicialmente apresentado pelo Banco Mundial, com o objetivo de alcançar condições para um Estado eficiente, por meio da participação dos setores público e privado na formulação e articulação de políticas públicas e no processo decisório. Governança ambiental, de forma mais específica, diz respeito a políticas públicas que envolvem a preservação / conservação do ambiente natural, compreendendo o uso sustentável de recursos naturais, com especial enfoque para os recursos da biodiversidade.

Entende-se que um novo modelo de governança ambiental deveria passar pelo redesenho das instituições governamentais de meio ambiente e, simultaneamente, incluir nas políticas setoriais a sustentabilidade socioambiental. Elementos ligados à governança aparecem no que diz respeito aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentáveis (ODS). Em setembro de 2015, os 193 países-membros das Nações Unidas chegaram a um consenso sobre o documento final da nova agenda: “Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030”.

A Agenda 2030 é um plano de ação para as pessoas, o planeta e a prosperidade, que busca fortalecer a paz universal. O plano indica 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, os ODS, e 169 metas, para erradicar a pobreza e promover vida digna para todos, dentro dos limites do planeta. São objetivos e metas claras, para que todos os países adotem de acordo com suas próprias prioridades e atuem no espírito de uma parceria global que orienta as escolhas necessárias para melhorar a vida das pessoas, agora e no futuro.

Para proteger o planeta da degradação, inclusive por meio do consumo e da produção sustentáveis, da gestão sustentável dos seus recursos naturais e de medidas urgentes para combater a mudança global do clima, para que seja possível atender as necessidades das gerações presentes e futuras. Algumas ODS ligadas à governança de resíduos sólidos serão apresentadas a seguir:

ODS 9 Indústria, Inovação e Infraestrutura

Construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação.

- 9.4 - Até 2030, modernizar a infraestrutura e reabilitar as indústrias para torná-las sustentáveis, com eficiência aumentada no uso de recursos e maior adoção de tecnologias e processos industriais limpos e ambientalmente adequados; com todos os países atuando de acordo com suas respectivas capacidades.
- 9.5b - Apoiar o desenvolvimento tecnológico, a pesquisa e a inovação nacionais nos países em desenvolvimento, inclusive garantindo um ambiente político propício para, entre outras coisas, diversificação industrial e agregação de valor às commodities

Fonte: Objetivos de desenvolvimento sustentáveis (ODS) (2015)

ODS 11 Cidades e Comunidades Sustentáveis

Tornar as cidades e assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis.

Em 2014, 54% da população mundial vivia em áreas urbanas, com projeção de crescimento para 66% em 2050. Em 2030, são estimadas 41 megalópoles com mais de 10 milhões de habitantes. Considerando que a pobreza extrema muitas vezes se concentra nestes espaços urbanos, as desigualdades sociais acabam sendo mais acentuadas e a violência se torna uma consequência das discrepâncias no acesso pleno à cidade. Transformar significativamente a construção e a gestão dos espaços urbanos é essencial para que o desenvolvimento sustentável seja alcançado. Temas intrinsecamente relacionados à urbanização, como mobilidade, gestão de resíduos sólidos e saneamento, estão incluídos nas metas do ODS 11, bem como o planejamento e aumento de resiliência dos assentamentos humanos, levando em conta as necessidades diferenciadas das áreas rurais, periurbanas e urbanas. O objetivo 11 está alinhado à Nova Agenda Urbana, acordada em outubro de 2016, durante a III Conferência das Nações Unidas sobre Moradia e Desenvolvimento Urbano Sustentável.

➤ 11.6 - Até 2030, reduzir o impacto ambiental negativo per capita das cidades, inclusive prestando especial atenção à qualidade do ar, gestão de resíduos municipais e outros.

Fonte: Objetivos de desenvolvimento sustentáveis (ODS) (2015)

ODS 12 Consumo e Produção Responsável

Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis.

Para alcançar as metas deste ODS, a mudança nos padrões de consumo e produção se configuram como medidas indispensáveis na redução da pegada ecológica sobre o meio ambiente. Essas medidas são a base do desenvolvimento econômico e social sustentável. As metas do ODS 12 visam a promoção da eficiência do uso de recursos energéticos e naturais, da infraestrutura sustentável, do acesso a serviços básicos. Além disso, o objetivo prioriza a informação, a gestão coordenada, a transparência e a responsabilização dos atores consumidores de recursos naturais como ferramentas chave para o alcance de padrões mais sustentáveis de produção e consumo.

Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis

➤ 12.1- Implementar o Plano Decenal de Programas Sobre Produção e Consumo Sustentáveis, com todos os países tomando medidas, e os países desenvolvidos assumindo a liderança, tendo em conta o desenvolvimento e as capacidades dos países em desenvolvimento.

➤ 12.2 - Até 2030, alcançar gestão sustentável e uso eficiente dos recursos naturais.

➤ 12.4 - Até 2020, alcançar o manejo ambientalmente adequado dos produtos químicos e de todos os resíduos, ao longo de todo o ciclo de vida destes, de acordo com os marcos internacionalmente acordados, e reduzir significativamente a liberação destes para o ar, água e solo, para minimizar seus impactos negativos sobre a saúde humana e o meio ambiente.

➤ 12.5 - Até 2030, reduzir substancialmente a geração de resíduos por meio da prevenção, redução, reciclagem e reuso.

➤ 12.6 - Incentivar as empresas, especialmente as empresas grandes e transnacionais, a adotar práticas sustentáveis e a integrar informações de sustentabilidade em seu ciclo de relatórios.

➤ 12.7 - Promover práticas de compras públicas sustentáveis, de acordo com as políticas e prioridades nacionais.

➤ 12.8 - Até 2030, garantir que as pessoas, em todos os lugares, tenham informação relevante e conscientização sobre o desenvolvimento sustentável e estilos de vida em harmonia com a natureza.

➤ 12.8a - Apoiar países em desenvolvimento para que fortaleçam suas capacidades científicas e tecnológicas em rumo à padrões mais sustentáveis de produção e consumo.

Fonte: Objetivos de desenvolvimento sustentáveis (ODS) (2015)

4 INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS E SUSTENTABILIDADE DA CONSTRUÇÃO CIVIL

As ações pela sustentabilidade constituem-se no aparecimento de novos interesses de solução para antigos problemas, ocasionando assim o aparecimento de inovações. O incentivo para inovar deixa de ser resultado da necessidade das empresas em obter somente ganho, mas também da procura por soluções inovadoras e sustentáveis por todo o mundo. Dessa maneira, a sustentabilidade passa a ser vista como um motor impulsionador da inovação, indo ao

encontro do apresentado por Nidumolu et al. (2009), no modelo de cinco estágios. Enfim, as empresas inovadoras sustentáveis devem proporcionar soluções econômicas, sociais e ambientais positivas, ao mesmo tempo. Os resultados econômicos são fáceis de prever, visto que há instrumentos desenvolvidos para isso empresas inovadoras sabem como utilizá-los. Já os resultados sociais e ambientais são mais difíceis de serem avaliados antecipadamente, pois envolvem muitos fatores, dúvidas e interações. Por esse motivo, o que se observa é a continuação do entendimento convencional auxiliado de um discurso que incorpora o conteúdo do desenvolvimento sustentável que fica exclusivamente na boa intenção. Dado a contribuição efetiva da inovação para o desenvolvimento sustentável, por isso as inovações passam a ter outros critérios de caracterização além dos convencionais, o Quadro 1 demonstra características do modelo dos cinco estágio de maturidade.

Figura 2- Características do Modelo dos Cinco Estágios de Maturidade.

Estágio	Dimensão	Características
1º Estágio	Normas vistas como oportunidades (NO)	Controlar o desperdício e prevenir a poluição
		Aumentar a eficiência ambiental dos produtos e processos atuais
		Atender os requisitos legais ambientais e sociais
2º Estágio	Tornar a cadeia de valor sustentável (CVS)	Gerenciar o ciclo de vida
		Desenvolver junto aos seus <i>stakeholders</i> matérias-primas sustentáveis e buscar reduzir desperdícios
		Integrar dimensão ambiental e social interna nas operações
3º Estágio	Criar produtos e serviços sustentáveis (PPS)	Focar em inovação sustentável
		Criar produtos e serviços sustentáveis do futuro
		Desenvolver competências para a busca de tecnologias limpas
		Integrar a sustentabilidade com suas estratégias-chave de negócios
4º Estágio	Desenvolver novos modelos de negócios (NMN)	Integrar parceiros para agregar valor as ofertas
		Adquirir e desenvolver competências e habilidades para a exploração de mercados futuros
		Ter processo para identificar e atender novas demandas de clientes
5º Estágio	Criar plataformas de “próximas práticas” (PPP)	Questionar os negócios
		Adotar a sustentabilidade como base para novos negócios
		Atender a demanda da base da pirâmide
		Oferecer novos mercados e/ou explorar novos mercados

Fonte: Nidumolu et al., (2009)

O desenvolvimento sustentável exige conformidades técnicas e sociais, visto que estas estão demasiadamente relacionadas (SCHOT; GEELS, 2008). A inovação ambiental e sustentável compreende na utilização de equipamentos de produção sustentáveis, estratégias, métodos, itens e sistemas de entrega. A indústria da construção trabalha na redução do impacto ambiental. Principalmente, a consideração ambiental é estudada e envolvida na indústria da construção, medindo e estabelecendo a gestão do risco.

A parceria na cadeia de suprimentos pode ser definida como uma abordagem com atitude ou espírito de gestão, para fornecedores, comunicação eficaz, estreita colaboração e cooperação,

confiança, honestidade, transparência, compartilhamento e benefício mútuo. A sustentabilidade é uma das práticas de inovação executadas na indústria da construção, atingindo o objetivo de reutilização de resíduos da construção civil, estabelecendo ideias, técnicas e padrões para reduzir a utilização de materiais naturais, com a mesma funcionalidade efetiva.

Um exemplo no setor de construção civil é uso desses agregados na pavimentação e fins não estruturais como na fabricação de blocos de pré-moldados, que envolvem inovação na concepção de serviços, como a reciclagem dos agregados gerados, reduzindo assim o uso de recursos naturais e definindo novas alternativas ecologicamente corretas.

5 RESÍDUOS SÓLIDOS E A POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Considerando que a PNRS demanda referenciais que nos proporcione discutir a importância da gestão integrada e compartilhada de resíduos, do controle social e da disponibilização de informações aos cidadãos. Ainda, no referencial teórico apresenta um debate sobre resíduos sólidos e a Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS. Diante desse controle, é necessário conhecer algumas legislações ambientais que rege o sistema de Gerenciamento de Resíduos, que envolve desde armazenamento, coleta, transporte e tratamento até o descarte e a destinação correta dos resíduos.

Conheça as principais leis sobre o tema:

- Lei 12.305/2010 – Política Nacional dos Resíduos Sólidos: responsável pela implementação de programas e mecanismos para promover a boa gestão, o tratamento e descarte de resíduos;
- Lei 11.445/2007 – Política Nacional de Saneamento Básico: regulamenta sobre todos os setores do saneamento (drenagem urbana, abastecimento de água, esgotamento sanitário e resíduos sólidos);
- Lei 6.938/1981 – Política Nacional do Meio Ambiente: define, por exemplo, que o poluidor é obrigado a indenizar pelos danos ambientais que causar, independentemente da culpa, e que o Ministério Público pode propor ações de responsabilidade civil por danos ao meio ambiente, como a obrigação de recuperar e/ou indenizar prejuízos causados.

É sempre importante lembrar que os Estados e municípios também possuem legislações ambientais específicas que precisam ser conhecidas e seguidas.

O campo temático de resíduos sólidos tornou-se um dos maiores problemas para as administrações públicas atuais, sendo necessária a intervenção do Estado para tentar minimizar os efeitos negativos da geração de resíduo e, ao mesmo tempo, promove, a reciclagem, a reutilização e a redução adequada do consumo, gerando emprego e renda e conservando o meio ambiente. Nesse contexto, a gestão municipal adquire grande relevância, na tentativa de solucionar os problemas, utilizando-se como ferramenta política ambiental [...] (Bicalho, 2014, p. 39).

A importância da gestão dos resíduos sólidos faz referência a Constituição Federal de 1988, encontrada no Art. 225 que: *“todos têm direito ao meio ambiente equilibrado, como bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida”* (BRASIL, 1988), sendo de responsabilidade do Poder Público e da coletividade de cidadãos preservá-lo. Este reconhecimento foi importante para o desenvolvimento de políticas, programas e resoluções que visa uma ‘proteção’ do meio ambiente diante dos impactos antrópicos (BICALHO, 2014). Entretanto, parte significativa dos resíduos sólidos no Brasil ainda é depositada em locais inapropriados como os ‘lixões’. Diante deste contexto, a Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010 instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e dispôs sobre o seu modus operandi (BRASIL, 2010). Essa Política visa a cooperação entre atores da sociedade civil, do mercado e do Estado na busca pela gestão integrada dos resíduos sólidos (especialmente, por meio da responsabilidade compartilhada). O modelo de gestão proposto orienta um processo voltado para a participação social.

6 RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL (RCC)

De acordo com Brescansini et al. (2015), a sociedade vem enfatizando cada vez mais o tratamento dos resíduos após sua utilização, com o intuito de diminuir, ou até mesmo conter, a geração de passivos ambientais resultantes do manuseio incorreto destes.

Baseadas nas orientações apontadas na PNRS, diversas empresas adotaram a reciclagem de seus resíduos, proporcionando, além de ganhos ambientais, economia com a obtenção da matéria-prima e encaminhando os resíduos para aterros licenciados (BRESCANSINI et al., 2015).

No ano de 2002, foi publicada a Resolução n. 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), sendo esta publicação considerada como principal marco legal que se refere, de modo específico, ao problema da geração e manuseio dos resíduos de construção civil. A resolução CONAMA n.307/2002 estabeleceu a seguinte designação para resíduos de construção civil:

Aqueles resultantes de reparos, construções, reformas e demolições de obras, assim como os provenientes do preparo e perfuração do solo, por exemplo: blocos cerâmicos, tijolos, concreto em geral, metais, resinas, rochas, tintas, forros, argamassa, telhas, pavimento asfáltico, vidros, gesso, madeiras e compensados, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., geralmente chamados de entulhos de obras. (CONAMA, 2002).

Segundo Paschoalin Filho, Dias e Cortes (2014), a Resolução CONAMA n. 307/2002 classificou os RCC em quatro classes: A, B, C e D, indicando como proceder o descarte correto para cada resíduo. Desde então, a resolução n. 307 sofreu algumas complementações e alterações, por exemplo: no ano de 2004, a Resolução n. 348 incluiu resíduos que contivessem amianto como perigosos, em 2011 entrou em vigor a Resolução n. 431 que classifica todo material de gesso como resíduo reciclável classe B, em 2015 a Resolução n. 469 considerou recipientes vazios de

tintas imobiliárias, contanto que apresentem somente filme seco de tinta em seu revestimento interior, sem acumulação de resíduo de tinta líquida, como resíduo classe B.

Conforme pesquisas efetuadas pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2017), os estados brasileiros recolheram no ano de 2017 aproximadamente 45,1 milhões de toneladas de RCC, ou seja, geração per capita de 0,6 kg/hab./dia (ABRELPE, 2017). Tal situação demonstra a necessidade do cuidado referente à correta destinação dos RCC. Destaca-se que os números apresentados pela ABRELPE podem ser ainda superiores, visto que contabiliza apenas os RCC recolhidos pelas municipalidades, não levando em conta empresas não especializadas, carroceiros e empresas de coleta pirata, as quais, comumente lançam os resíduos em locais inapropriados. A Tabela 1 mostra as quantidades de RCC coletadas por região entre os anos de 2016 e 2017.

Tabela 1. Quantidade de RCC coletada por região em 2016 e 2017.

Região	RCC coletado (t/dia)		Índice (kg/hab/dia)	
	2016	2017	2016	2017
Norte	4.720	4.727	0,266	0,264
Nordeste	24.387	24.585	0,428	0,429
Centro-Oeste	13.813	13.574	0,882	0,855
Sudeste	64.097	64.063	0,748	0,737
Sul	16.718	16.472	0,568	0,556
Brasil	123.619	123.421	0,600	0,594

Fonte: Adaptado ABRELPE (2017)

O consumo de materiais pela construção civil nas cidades é pulverizado, ou seja, cerca de 70% dos resíduos gerados pelas obras nos municípios provêm de construções informais (obras de construção, reformas e demolições, geralmente realizadas pelos próprios usuários dos imóveis). O poder público municipal deve exercer um papel fundamental para disciplinar o fluxo dos resíduos, utilizando instrumentos para regular especialmente a geração de resíduos provenientes desse tipo de obra segundo o Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo (SindusCon-SP, 2005).

Quando não ocorre um manejo apropriado, os resíduos de construção civil podem comprometer a paisagem da região, a circulação de veículos e de pedestres, acúmulo de sedimentos em córregos, rios e lagos; o bloqueio de escoamento pluvial urbano, ocasionando em enchentes, além possibilitar a multiplicação de transmissores de doenças, colocando em perigo a saúde de seus habitantes (SindusCon-CE, 2011). Em muitos casos, os RCC são transportados para aterros sanitários, ou simplesmente são depositados em bota-foras não licenciados e terrenos baldios, onde terminam acumulando-se por vários anos ou mesmo por décadas.

De acordo com Budke, Cardoso e Vale (2011) e Almeida Jr. (2018), a reciclagem é fundamental porque transforma os resíduos de construção em matérias-primas, que abastecerão novos

empreendimentos, tendo como consequência direta a diminuição da pressão sobre o consumo de materiais naturais.

A reutilização é um processo de reaplicação de um resíduo, sem transformação do mesmo. Ela consiste no aproveitamento do resíduo nas condições em que é descartado, submetendo-o a pouco ou nenhum tratamento; exigindo apenas operações de limpeza, embelezamento, identificação, entre outras, modificando ou não a sua função original. Já a reciclagem é o processo de reaproveitamento de um resíduo, após ter sido submetido à transformação. O resíduo retorna ao sistema produtivo como matéria-prima.

7 METODOLOGIA

Para realização deste artigo, utilizou-se a metodologia de estudo de caso, com análise qualitativa e abordagem exploratória. De acordo com Yin (2015), o estudo de caso consiste em uma metodologia que abrange planejamento, técnicas de coleta de dados e análises. Ainda, de acordo com o autor, o estudo de caso poderá se utilizar de seis fontes potenciais de informação, dentre estas pode-se citar: documentos, registros, entrevistas, observação direta, observação dos participantes e artefatos físicos. No presente estudo, foram utilizadas como fonte de informação: observação não participante, entrevistas não estruturadas realizadas *in loco*, visitas técnicas à URE e consulta a documentos e planilhas fornecidos.

A primeira entrevista foi realizada com o responsável pelo programa de reciclagem, o Sr. Mauro, que trabalha há onze anos na empresa e explicou toda a história da URE. A segunda entrevista foi realizada no setor de administrativo com o Sr. Paulo que trabalha há cinco anos na empresa, onde mostrou todos dados referentes à coleta e utilização dos agregados reciclados pela URE, e a última entrevista foi com Viviane, que trabalha há três anos na coleta seletiva a mesma mostrou como os agregados chegam à URE, e como é feita a triagem manual para separação de resíduos que não são classificados com resíduos classe A. Todas as entrevistas, bem como a publicação destas foram autorizadas pelas pessoas entrevistadas.

Também foram efetuadas pelos pesquisadores cotações de preços de aquisição de agregados reciclados em três Usinas de Reciclagem e três pedreiras localizadas na Região Metropolitana de São Paulo, de forma a poder se estimar e comparar os custos. Para determinação dos preços de aquisição de agregados naturais, foi utilizada a Tabela SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (versão 2018).

8 RESULTADOS E DISCUSSÕES

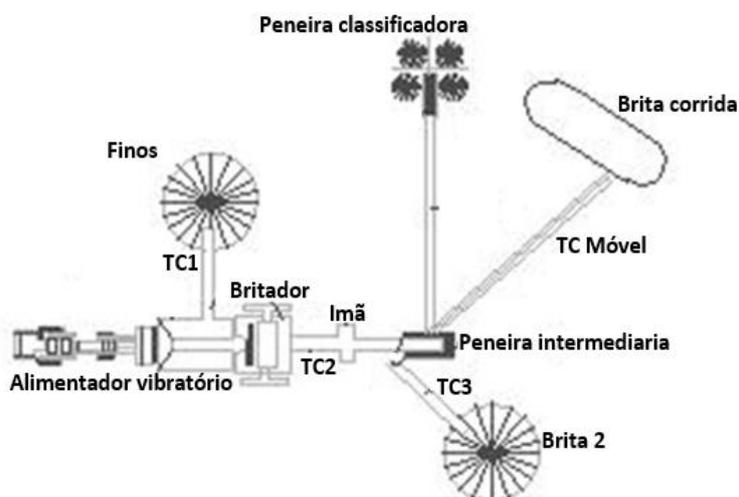
A Usina de Reciclagem de Entulho de Guarulhos (Proguaru) é parte integrante da Política de Gestão de Resíduos do Município de Guarulhos, sendo responsável pelo beneficiamento de 100% de toda parcela mineral entregue nos Pontos de Entrega Voluntária (PEV) do município.

A URE, que foi implantada no ano de 2003 em uma área de aproximadamente 10.000m², produz uma série de produtos, como areia, brita, pedrisco reciclado e bica corrida reciclados a partir da moagem de resíduos de construção.

Os agregados reciclados na URE são produzidos segundo a classificação da ABNT NBR 15.116/2004 em: ARC - Agregados de Resíduos de Concreto, ou seja, compostos de diferentes concentrações de resíduos inertes de areia, brita, cimento, consolidados ou não em diversas granulometrias e; ARM - Agregados de Resíduos Mistos, que são composto de diferentes concentrações de resíduos inertes de cor cinza (concreto); resíduos inertes de cor vermelha (cerâmicos crus ou cozidos, de tamanhos diversos e parte de solos ou argila)

A Proguaru atende à Resolução CONAMA n. 307 de 2002 e opera com licença da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) sob n. 150223/03, processo n. 15/00543/03. Esta encontra-se instalada no bairro Cabuçu, em Guarulhos. Recicla resíduos da construção civil compostos por parcelas de material cinza (argamassas e concretos) e vermelho (cerâmicas, telhas e tijolos), além de materiais de outras naturezas, tais como: ferro, madeira e plásticos, o quais são enviados às cooperativas de reciclagem. Os RCC são coletados de caçambas espalhadas na região de Guarulhos SP, provenientes dos 19 Pontos de Entrega Voluntários (PEV). A Figura 1 apresenta um *lay-out* de implantação da Proguaru. O Quadro 2 demonstra as etapas de funcionamento da URE.

Figura 3. Adaptação Planta Máquina de Reciclagem da Empresa Proguaru.



Fonte: elaborado pelos autores a partir de informações fornecidas pela Proguaru (2018).

Quadro 2. Etapas de funcionamento da URE

<p>1ª etapa: Os resíduos são depositados na usina. Em seguida são submetidos à triagem a fim de selecionar os materiais que serão reciclados pela URE ou destinados para cooperativas.</p> 	<p>2ª etapa: Os resíduos Classe A, após triagem, são colocados levados, por meio de caçambas metálicas ao equipamento de moagem, os quais serão reduzidos de acordo com a granulometria desejada. Nesta etapa, possíveis resíduos de aço são separados da massa de RCC por meio de eletroímãs.</p> 
<p>3ª etapa: neste processo os materiais são lançados dentro de um britador de mandíbula para que sejam triturados, a máquina possui sistema de peneiramento onde separa agregado miúdo do agregado graúdo.</p> 	<p>4ª etapa: Após os materiais serem separados no britador de mandíbula, os agregados já reciclados são separados por peneiramento e classificados de acordo com sua granulometria.</p> 

Fonte: Os autores com base nas visitas e entrevistas realizadas

A URE recicla cerca de 45 toneladas por hora de produção. Os resíduos de concreto gerados (ARC) pela Proguaru são utilizados em construção de pré-moldados sem função estrutural, meio fio, blocos de concreto e calçadas (Figura 2). Já os resíduos mistos (ARM) são utilizados na conservação e pavimentação de vias urbanas.

Figura 2- Material de RCC transformado em blocos pré-moldados para pavimentação.



Fonte: Os autores com base nas visitas e entrevistas realizadas

A Tabela 2 demonstra a comparação entre os valores de comercialização obtidos para agregados naturais e reciclados. Deve-se destacar que não consta na tabela valores de comercialização da Proguaru, uma vez que esta não comercializa seus resíduos, apenas utiliza-os em obras públicas.

Tabela 2- Comparação preços/ton. do agregado natural e reciclado (nas mesmas granulometrias).

Tipo	Nome Comercial da Empresa	Especificação (R\$/m ³)			
		Rachão	Pedra 2	Pedra 1	Areia/ Pedrisco
Pedreira	Pedreiras São Matheus Lageado	57,00	54,48	55,36	68,00
	Pedreira Anhanguera	60,00	54,48	55,36	68,00
	Embu S.A. Engenharia e Comércio	58,50	54,48	55,36	68,00
	Média Materiais	58,50	54,48	55,36	68,00
URE	Eco-x	42,00	38,14	38,75	47,60
	Base Sustentável	37,50	40,86	41,52	34,00
	Renotran	15,00	47,67	48,44	59,50
	Média Materiais	31,50	42,22	42,90	47,03
	Diferença em % entre a média materiais da pedreira e URE	86%	29%	29%	45%

Fonte: Elaborado pelos autores com base nas cotações efetuadas

Observando-se a Tabela 2 pode-se notar que o preço médio de custo de material reciclado consiste em cerca de 29% do preço do material natural, ou seja, o valor médio do agregado reciclado foi de R\$42,00/m³, enquanto o preço médio do material natural equivaleu a R\$55,00/m³. Assim pode-se também constatar vantagem financeira referente ao uso do agregado reciclado, pois além de substituir o material natural pelo reciclado mais barato, a obra irá mitigar a quantidade de resíduos gerados, reduzindo os custos finais.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando as definições de sustentabilidade, pesquisas têm sido conduzidas no sentido de alcançar alternativas para restringir ou minimizar os danos provocados pela utilização excessiva de matéria prima e pelas grandes quantidades de resíduos produzidos nos processos de produção. Na pavimentação a utilização de resíduos de construção civil tem se mostrado um material bastante favorável, também em aplicações adicionadas ao concreto, por exemplo, na produção de blocos de alvenaria, analisou-se a possibilidade técnica da utilização de agregados produzidos pela britagem de RCC no sentido de acrescentar ainda mais o conhecimento referente ao desempenho destes resíduos em concreto, aos substituir os materiais convencionais.

Na pavimentação a utilização de resíduos de RCC tem se mostrado um material bastante favorável. Além disto, na produção de blocos de alvenaria, por exemplo, verificou-se a viabilidade técnica da utilização de agregados produzidos pela britagem de concretos. O produto desenvolvido atende ao tripé da sustentabilidade: nos aspectos ambiental, econômico e social. A cada 100m² de pavimentação com aproveitamento de RCC, 2,75 toneladas de

resíduos da construção civil deixaram de ser despejadas na natureza, além de 2,43 toneladas de areia deixaram de ser extraídas dos leitos de rios. O produto não perdeu a competitividade no mercado e ainda tem o cunho ambiental e social, ou seja, proporciona viabilidade para investimento público e privado. Outrossim, diminui-se os gastos de recursos naturais não renováveis, contribuindo para a preservação de ecossistemas. O produto desenvolvido é indicado para pavimentação urbana, calçadas e passeios. Em âmbito social, o projeto diminui a área destinada para depositar o RCC, passando a estar disponível à sociedade, além de ser uma alternativa a produção em cooperativa e em empresas, movimentando a economia.

O modelo da URE Proguaru é inovador sustentável é uma resposta às pressões institucionais por uma empresa que seja capaz de inovar com eficiência em termos econômicos, mas com responsabilidade social e ambiental. A URE reúne duas características essenciais: é inovadora e orientada para a sustentabilidade. Logo, institucionaliza-se uma nova lógica de produção na qual a sustentabilidade e a inovação caminham juntas.

A Proguaru possui importante papel para o município, uma vez que fornece material para pavimentação de vias e obtenção de peças e artefatos de concreto que serão utilizados em obras públicas. Ademais a Proguaru consiste em um local de destinação adequado dos RCC gerados pelo município e pelos seus habitantes. Os agregados reciclados mostraram-se mais baratos comparados aos agregados naturais, o que significa redução nos custos nas obras realizadas pelo município. A

A transformação do “problema” entulho, em “solução” na geração matéria-prima, inclusão social e desenvolvimento sustentável é a proposta das usinas de reciclagem de RCC. Com menos mineração, menos custos e mais inteligência na hora de construir o novo, é possível reaproveitar o que até então era considerado descarte. O potencial de crescimento desse mercado é proporcional à quantidade de RCC que ainda é desperdiçado.

Recomenda-se, que novas pesquisas sejam realizadas para avaliar aspectos não contemplados neste trabalho, pois a utilização de materiais alternativos como os RCC é uma forma adequada de minimizar o passivo ambiental gerado por esse tipo de resíduo e, principalmente, de reduzir o consumo de recursos naturais não renováveis.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15.116**: agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil: utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural—Requisitos. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9935**: agregados - terminologia. Rio de Janeiro, 2011.

ALMEIDA, JR. et al. Estudo de viabilidade econômica do uso do agregado de RCD em pavimentação de vias urbanas. **Revista de Engenharia**, [S.l] n. 54, p. 16-25, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. (2017) Panorama dos resíduos sólidos no Brasil. São Paulo.

- AZEVEDO, G. O. D.; KIPERSTOK, A.; MORAES, L. R. S. Resíduos da construção civil em Salvador: os caminhos para uma gestão sustentável. **Engenharia Ambiental e Sanitária**, [S.l.] v. 11, n. 1, p. 65-72, 2006.
- BICALHO, M. L. **Gestão socioambiental de resíduos sólidos urbanos em Lavras-MG. 2014.** 165p. Dissertação (Mestrado em Administração). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.
- BUDKE, R.; CARDOSO, J. R.; VALE, S. B. Resíduos de Construção Civil: Classificação, normas e reciclagem. In: ENCONTRO NACIONAL DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS & METALURGIA EXTRATIVA, ENGENHARIA DE MINAS E MEIO AMBIENTE, 24., 2011, Salvador. 2011.
- BRASIL, **Lei nº 12.305**, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União, 2010.
- BRASIL, **Resolução CONAMA n.307**, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Publicado no D.O.U de Agosto de 2002.
- BRASIL, **Resolução CONAMA n.467**, de 16 de julho de 2015. Dispõe sobre critérios para a autorização de uso de produtos ou de agentes de processos físicos, químicos ou biológicos para o controle de organismos ou contaminantes em corpos hídricos superficiais e dá outras providências. Publicado no D.O.U de 17 de julho 2015.
- BRASIL. **Lei 12.305 de agosto de 2010.** Estabelece a Política Nacional de Resíduos Sólidos. acessado de <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/politica-nacional-de-residuos-solidos> em 17 de outubro de 2019.
- BRESCANSINI, A. et al. Restrição ao uso de substâncias perigosas (RoHS) no segmento de computadores pessoais: análise da estratégia de adoção pelos fabricantes estabelecidos no Brasil. **Revista GEPROS**, [S.l.] v. 10, n. 3, p. 35-51, 2015.
- CEZAR, L. C. et al. A publicização para além da esfera pública: análise dos canais institucionais de participação da Política Nacional de Resíduos Sólidos. In: ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM ADMINISTRAÇÃO, 37., 2014, Rio de Janeiro, 2014.
- KISSLER, L.; HEIDEMANN, F. G. Governança pública: novo modelo regulatório para as relações entre Estado, mercado e sociedade? **Revista de Administração Pública**, [S.l.] v. 40, n. 3, p. 479-499, 2006.
- OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEIS - ODS (2015) acessado de <http://www.agenda2030.org.br/ods/9/> em 18 de outubro de 2019.
- NIDUMOLU, R.; PRAHALAD, C.K.; RANGASWAMI, M.R. Why Sustainability Is Now the Key Driver of Innovation, **Harvard Business Review**, p. 57-64, 2009.
- OZORHON, B.; ABBOTT, C.; AOUAD, G. Integration and leadership as enablers of innovation in construction: Case study. **Journal of Management in Engineering**, v. 30, n. 2, p. 256-263, 2013.
- PASCHOALIN FILHO, J. A.; DIAS, A. J. G.; CORTES, P. L. Aspectos normativos a respeito de resíduos de construção civil: uma pesquisa exploratória da situação no Brasil e em Portugal. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 29, p.155-169, 2014.
- SCHOT, J.; GEELS, F. W. Strategic niche management and sustainable innovation journeys: theory, findings, research agenda, and policy. **Technology Analysis & Strategic Management**, v. 20, n. 5, p. 537-554, 2008.
- SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO ESTADO DE CEARA, (2011) Manual sobre os Resíduos Sólidos da Construção Civil acessado em: 22 outubro, 2019 de <http://www.ibere.org.br/anexos/325/2664/manual-de-gestao-de-residuos-solidos---ce-pdf>
- SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO ESTADO DE SÃO PAULO, (2005) Gestão Ambiental de

Resíduos da Construção Civil A experiência do SindusCon-SP, acessado em 22 outubro, 2019 de http://www.gerenciamento.ufba.br/Downloads/Manual_Residuos_Solidos.pdf

TENÓRIO, F. G. (Re) visitando o conceito de gestão social. **Desenvolvimento em questão**, v. 3, n. 5, p. 101-124, 2005.

YIN, R.K. **Estudo de Caso: Planejamento e métodos**. Bookman editora, 2015.