

RESÍDUO DA CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO - TECNOLOGIAS E PROBLEMAS: UM ESTUDO DE CASO

CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTE - TECHNOLOGIES AND PROBLEMS: A CASE STUDY

ALTSCHUL, Joyce Sholl¹
 OLIVEIRA, Isabel Pereira Vidigal de²
 NÓBREGA, Marcelo de Jesus Rodrigues da³

Resumo: A destinação correta final de resíduos de qualquer tipo sempre foi uma grande problemática das cidades, a tentativa de implantação de sistemas de coleta seletiva voluntária é o início de uma reciclagem de sucesso. A falta de informação da população dificulta o processo desde seu início, o mesmo ocorre com o RCD (resíduo da construção e demolição). Apesar das leis, normas, resoluções e decretos, o processo é descontrolado já na sua origem, desencadeado em uma série de dificuldades do seu uso para reciclagem. Sem a plantas bem localizadas e sem a informação correta, o RCD acaba sendo depositado em local impróprio causando danos ao meio ambiente. As soluções sustentáveis são as mais lógicas, gerando menos resíduos. Nosso estudo de caso é sobre a obra do Bairro Ilha Pura, construído para os Jogos Olímpicos de 2016, no Rio de Janeiro. Focando as certificações internacionais de construções verdes, buscou de muitas maneiras fazer uma obra ambientalmente sustentável.

Palavras-chave: resíduo construção e demolição, tecnologias, reciclagem RCD

Abstract: The correct final destination of waste of any kind has always been a major problem in cities, the attempt to implement voluntary selective collection systems is the beginning of successful recycling. The lack of information from the population has hampered the process since its inception, the same occurs with the RCD (construction and demolition waste). Despite the laws, rules, resolutions and decrees, the process is uncontrolled at its origin, triggered by a series of difficulties in its use for recycling. Without well-located plants and without the correct information, the RCD ends up being deposited in an inappropriate place causing damage to the environment. Sustainable solutions are the most logical, generating less waste. Our case study is about the work of Bairro Ilha Pura, built for the 2106 Olympic Games, in Rio de Janeiro. Focusing on international certifications of green buildings, it sought in many ways to make an environmentally sustainable project.

Keywords: construction and demolition waste, technologies, RCD recycling

1 A INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL

A indústria da construção civil é um dos setores mais importantes para a economia de um país. É a indústria que emprega de modo intensivo mão de obra com baixa e média qualificação, movimentando uma cadeia de atividades, que alavanca o desenvolvimento social e econômico de qualquer país, principalmente quando em crise.

¹ Mestranda em Engenharia Urbana e Ambiental – PUC Rio – joysholl@gmail.com

² Mestranda em Engenharia Urbana e Ambiental – PUC Rio – arquitetura.isabel@gmail.com

³ Pós-Doutor, Professor da UNIGAMA, CEFET-RJ E USU – engmarcelocefet@terra.com.br

A construção civil é responsável por movimentar mais de 70 setores da economia e representa 6,2% do PIB brasileiro, com faturamento anual de mais de R\$ 1 trilhão. Em março de 2019, o Sebrae desenhou 3 possíveis cenários para os próximos anos, desconhecendo, na época, o impacto do coronavírus e da nova crise do petróleo. O cenário mais pessimista se aproxima da situação atual do mundo: baixo nível de investimentos públicos e privados, desemprego, insegurança econômica.

Gera grandes impactos ambientais, consumindo, sob o ponto de vista global, 30% de matérias primas, 42% do consumo de energia, 25% do uso de água e 16% do uso de terra. Já em relação à degradação ambiental, a construção civil é responsável por 40% das emissões atmosféricas, 20% dos efluentes líquidos, 25% dos efluentes sólidos e 13% de outras liberações. (FRANÇA, 2004). A extração de areia e cascalho dos sedimentos aluviais e outros materiais, de formações rochosas, modifica as paisagens, criando problemas ambientais.

Também é campeã na geração de resíduos. Para cada metro quadrado de área construída são gastos mais 1,3, ou seja, a cada três residências uma quarta é jogada fora. A falta de informação e a baixa qualificação da mão de obra da indústria da construção civil são causas prováveis deste desperdício (ALMEIDA, 2019). O descaso dos geradores em não encaminhar corretamente seus resíduos para reciclagem ou descarte correto dos resíduos de construção civil e demolição abre a discussão pela sustentabilidade das atividades.

A partir de 1928 começaram a ser desenvolvidas pesquisas de forma mais sistemática para avaliar o consumo de cimento, a quantidade de água e o efeito da granulometria dos agregados oriundos de alvenaria britada e de concreto. Porém, a primeira aplicação significativa de entulho só foi registrada após a segunda guerra mundial, na reconstrução das cidades europeias, que tiveram seus edifícios totalmente demolidos e os escombros ou entulho resultante foi britado para produção de agregado visando atender à demanda na época. Então, pode-se afirmar que a partir de 1946 teve início o desenvolvimento da tecnologia de reciclagem de entulho da construção civil. Embora as técnicas de reciclagem dos resíduos minerais de construção e demolição tenham evoluído, não se pode afirmar com absoluta convicção que a reciclagem tenha se tornado uma ideia amplamente difundida. (OLIVEIRA, 2015).

No Brasil a reciclagem dos RCD é mais recente, alguns estudos foram realizados no início dos anos 80, utilizando um equipamento de pequeno porte, as “maseiras-moinho”, na moagem de resíduos menos resistentes para a reutilização. Durante a ECO 92 e a definição da Agenda 21, trouxe novamente a discussão sobre a gestão dos resíduos sólidos, insistindo que uma das formas de solução é a reciclagem.

Estudos de custos não são conclusivos quanto ao retorno econômico de se reciclar ou não, resíduo da construção civil, o que pode hoje em dia justificar o descaso no seu descarte.

2 RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO

A ABRECON (2019) define Resíduo da Construção e Demolição (RCD) ou Resíduo da Construção Civil (RCC) como todo resíduo gerado no processo construtivo, de reforma, escavação ou demolição.

Entulho é o conjunto de fragmentos ou restos de tijolo, concreto, argamassa, aço, madeira, etc., provenientes do desperdício na construção, reforma e/ou demolição de estruturas, como prédios, residências e pontes. (ABRECON, 2019).

O entulho de construção compõe-se, portanto, de restos e fragmentos de materiais, enquanto o de demolição é formado apenas por fragmentos, tendo por isso maior potencial qualitativo, comparativamente ao entulho de construção.

Os resíduos encontrados predominantemente no entulho, que são recicláveis para a produção de agregados, pertencem a três grupos:

Grupo I: Materiais compostos de cimento, cal, areia e brita: concretos, argamassa, blocos de concreto.

Grupo II: Materiais cerâmicos: telhas, manilhas, tijolos, azulejos.

Grupo III: Materiais não-recicláveis: solo, gesso, metal, madeira, papel, plástico, matéria orgânica, vidro e isopor. Desses materiais, alguns são passíveis de serem selecionados e encaminhados para outros usos. Assim, embalagens de papel e papelão, madeira e mesmo vidro e metal podem ser recolhidos para reutilização ou reciclagem.

A tabela 1 demonstra, em porcentagem, a composição média dos materiais encontrada nos resíduos de construção e demolição.

Tabela 1. Composição média dos materiais de RCD no Brasil

COMPONENTES	%
Argamassa	63
Concreto e blocos	29
Outros	7
Orgânicos	1
TOTAL	100

Fonte: KARPINSKI, 2009

3 LEGISLAÇÃO E NORMATIZAÇÃO

3.1 Política Nacional de Resíduos Sólidos

A Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010 (BRASIL, 2010) instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). A promulgação desta lei foi uma oportunidade única de uma mudança cultural da sociedade brasileira rumo à sustentabilidade orientada à redução e reaproveitamento de resíduos.

A PNRS define destinação final ambientalmente adequada como aquela destinação de resíduos que inclui a reciclagem entre outros processos de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos.

Define gestão integrada de resíduos sólidos como o conjunto de ações voltadas para a busca de soluções, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável.

Define também logística reversa como o instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada.

Finalmente a PNRS define reciclagem como o processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos.

Um dos objetivos da lei é a prioridade, nas aquisições e contratações governamentais, para produtos reciclados e recicláveis.

3.2 Normas Brasileiras

A Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT tem 5 normas relacionadas ao assunto, segundo tabela abaixo:

Quadro 1. Normas técnicas - ABNT

NORMA	COMENTÁRIOS
NBR 15112/2004 - Resíduos da construção civil e resíduos volumosos - Áreas de transbordo e triagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação.	A norma é importante na logística de destinação dos resíduos e, caso as áreas sejam licenciadas, poderão processar resíduos para a valorização e aproveitamento.
NBR 15113/2004 - Resíduos sólidos na construção civil e resíduos inertes - Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação.	A norma é importante para os resíduos classe A, conforme Resolução CONAMA nº 307, estabelecendo critérios para reserva dos materiais para uso futuro.
NBR 15114/2004 - Resíduos sólidos na construção civil - Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Diretrizes para projeto, implantação e operação	A norma define a reciclagem dos resíduos classe A em agregados reciclados destinados à reinserção na indústria da construção civil.
NBR 15115/2004* - Agregados reciclados de resíduos sólidos na construção civil- Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos	A norma estabelece os procedimentos para execução de camadas de reforço do subleito, sub-base e base de pavimentos, com o uso de agregado reciclado de RCC.
NBR 15116/2004* - Agregados reciclados de resíduos sólidos na construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural - Requisitos	A norma estabelece os requisitos para o emprego de agregados reciclados de RCC.

Fonte: Elaborado pelo autor

*As normas 15115 e 15116 foram elaboradas considerando a possibilidade de reciclagem do RCD em agregados reciclados e seu uso na construção civil.

3.3 CONAMA

A Resolução CONAMA nº 307 de 05 de julho de 2002 estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão de resíduos da construção civil, que podem ser definidos como:

provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha (BRASIL, 2002).

A resolução de nº 307/2002, foi posteriormente alterada pelas resoluções nº 348/2004 e nº 431/2011.

Os resíduos são classificados de acordo com o quadro 2 abaixo:

Quadro 2. Classificação RCD

CLASSE	DEFINIÇÃO	EXEMPLOS
Classe A	Materiais que podem ser reciclados ou reutilizados como agregado em obras de infraestrutura, edificações e canteiro de obras.	Tijolos, telhas e revestimentos cerâmicos; blocos e tubos de concreto e argamassa.
Classe B	Materiais que podem ser reciclados e ganhar outras destinações.	Vidro, gesso, madeira, plástico, papelão e outros
Classe C	Itens para o qual não existe ou não é viável aplicação econômica para recuperação ou reciclagem.	Estopas, lixas, panos e pincéis desde que não tenham contato com substância que o classifique como D
Classe D	Aqueles compostos ou em contato de materiais/substâncias nocivos à saúde.	Solvente e tintas; telhas e materiais de amianto; entulho de reformas em clínicas e instalações industriais que possam estar contaminados.

Fonte: Elaborada pelo autor

3.4 Decreto Municipal nº 33.971

O Decreto Municipal nº 33.971 de 13 de junho de 2011 dispõe:

sobre a obrigatoriedade da utilização de agregados reciclados, oriundos de resíduos da construção civil – RCC em obras e serviços de engenharia realizados pelo Município do Rio de Janeiro.

O próprio decreto abre muitas brechas para a opção de não se utilizar desse material, começando com a obrigatoriedade dos agregados reciclados constarem do SCO (Sistema de Custo para Obras e Serviços de Engenharia). Todos os técnicos que trabalham com o sistema sabem da dificuldade de se incluir qualquer item no SCO.

No artigo 2º, desobrigada a utilização de agregados reciclados nos casos de obras executadas em caráter emergencial, ou quando não for tecnicamente recomendada, ou inviável economicamente, ou quando o material beneficiado não atender às características técnicas especificadas no projeto.

O decreto rege sobre obras e serviços de engenharia realizados pelo Município do Rio de Janeiro, deixando as pequenas obras e reformas informais sem qualquer regulamentação. Estas obras somadas geram uma parte considerável de resíduo que não é contabilizado e nem destinado a qualquer tipo de reciclagem e ainda é depositado em áreas irregulares promovendo a degradação do meio ambiente.

3.5 Decreto Municipal nº 27.078

O Decreto Municipal 27.078 de 27 de setembro de 2006 institui o Plano Municipal Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, cujo objetivo é a facilitação da correta disposição, o disciplinamento dos fluxos e dos agentes envolvidos e a destinação adequada dos resíduos da construção civil gerados no Município. Cria o Ecoponto, ponto de entrega voluntária de pequenos volumes de resíduos de construção e demolição e o ATT. O mais importante é a definição dos responsáveis pela gestão dos resíduos: os geradores, transportadores e receptores dos RCD.

4 RECICLAGEM

Em média, 92% de todo o resíduo sólido urbano gerado é coletado, desses, 60% tem destinação correta, nos aterros sanitários. O restante vai para lixões, aterros controlados ou descartados de modo irregular nos logradouros, em terrenos baldios ou na beira de corpos d'água. (ABRELPE, 2019) Dos 216.629 t/dia gerados no Brasil, 199.311 t/dia são coletados. Desse total, 122.012 t/dia são de RCD, correspondendo à cerca de 56%, coletados como RSU. O gerenciamento e o descarte dos resíduos de construção civil e demolição são de responsabilidade de gerador, transportador e receptor, porém a fiscalização e o monitoramento deveriam estar a cargo dos órgãos municipais.

O descarte irregular em rios, córregos e represas, eleva o seu leito (assoreamento) culminando com enchentes e riscos de desabamento de residências próximas ao rio. A limpeza sistemática desses locais é um péssimo uso das verbas da prefeitura, desviando dinheiro que poderia ser melhor aproveitado em saúde e educação. Também sobrecarrega desnecessariamente o sistema de transporte.

Nos países desenvolvidos os resíduos de construção e demolição representam de 20 a 30% dos resíduos sólidos gerados pelas cidades. (BRASILEIRO, 2015). No Brasil o RCD representa de 41 a 70% da massa total dos RSU. A falta de gerenciamento dos RCD afeta as cidades nos aspectos social, econômico e ambiental.

Não há incentivos econômicos e fiscalização eficaz para a implantação e sucesso da reciclagem de RCD, apenas orientações para utilizar material reciclado. Outros aspectos se referem à quantidade de resíduo produzido, sua qualidade, o estoque de edifícios, distância da matéria-prima virgem, comercialização do resíduo e quantidade de aterros.

O processo de reciclagem do entulho, para a obtenção de agregados, basicamente envolve a seleção dos materiais recicláveis do entulho e a trituração em equipamentos apropriados; poupando nossas florestas e nossa água, reduzindo a extração nas pedreiras, evitando que o entulho seja descartado em rios, riachos, represas e mares e ainda gera trabalho e renda.

A introdução deste conceito na construção civil visa reduzir as emissões de gases efeito estufa do setor. De acordo com o Green Building Council Brasil, a construção civil é responsável por 1/3 dos gases lançados na atmosfera em todo o mundo. Em porcentagem, isto significa algo em torno de 25% a 30%, sendo assim, um dos setores que mais poluem no planeta. (ABRECON, 2019).

No Brasil o entulho pode ainda abarcar mais de 20% da mão de obra egressa de lixões e aterros controlados. As principais causas para essa dificuldade de venda deste produto podem estar relacionadas à inexistência de uma legislação que efetivamente incentive o consumo do agregado reciclado em obras públicas, à tributação e à falta de confiabilidade do produto, agravado pela crise do setor da construção civil.

Os RCD servem de matéria-prima para agregados de ótima qualidade, podendo ser utilizados num leque de processos construtivos: confecção de tijolos, blocos pré-moldados, meio-fio, calçadas, argamassa de revestimento, camadas de base e sub-base, pavimentos, entre outros.

Na maioria dos países, emprega-se largamente o revestimento asfáltico como camada de pavimentos rodoviários e urbanos. No Brasil, mais de 95% das estradas pavimentadas são de revestimento asfáltico, além de ser também utilizado em grande parte das vias urbanas.

O agregado que é utilizado nas misturas asfálticas é obtido da exploração de jazidas e provém da britagem de rochas como o basalto, granito, gnaiss, calcário, entre outros tipos, os quais são transformados em pedra britada com vários tamanhos e de graduação específica. A construção e a manutenção dos pavimentos asfálticos requerem grandes quantidades de agregados, os quais normalmente são responsáveis por mais de 90%, em peso, das misturas asfálticas.

Com relação ao desenvolvimento sustentável, a implicação mais imediata é a necessidade de se produzir a maior quantidade de bens com a menor quantidade de recursos naturais e a menor poluição, ou seja, o desenvolvimento econômico deverá ser desvinculado da geração de impactos ambientais.

- a) camadas drenantes em aterros de resíduos sólidos;
- b) elementos de filtros de fossas sépticas;
- c) elementos de dreno em trincheiras e valas;

d) elemento substitutivo em estacas de brita para acelerar recalques e melhorar a capacidade de carga em depósitos de solos moles;

e) elemento de valas subterrâneas para irrigação, eliminando-se a evaporação dos canais a céu aberto;

f) elemento de base filtrante em estações de tratamento de água e esgoto;

g) briquetes para calçada;

h) blocos para muros;

i) sub-base e base de rodovias

j) agregados para a construção de meios-fios, bocas-de-lobo, sarjetas.

5 SUSTENTABILIDADE

A sustentabilidade econômica e social da indústria da construção civil só acontecerá através da implementação de melhoria nos sistemas de construção, desde a fabricação dos materiais, embalagens e transportes dos mesmos, preparação dos recursos humanos, projetos, planejamento, controle de estoque, forma de armazenamento até o layout do canteiro de obras. Durante e após as obras, a reutilização de materiais ou implantação da reciclagem dos RCD, como matéria prima para a própria indústria da construção civil, também somarão esforços para minimizar o desperdício, a extração de matéria prima e a geração de renda.

Em diversos estudos foi visto que a não segregação do RCD é um fator que impede e dificulta a sua reciclagem e reuso. O processo de reciclagem deve começar na fonte geradora, nas pequenas e grandes obras, nas formais e também nas informais. A falta de informação da mão de obra do setor da construção civil acarreta na falta de boas práticas e dificulta um bom gerenciamento do processo.

Listamos abaixo medidas que podem ser adotadas para enfrentar os problemas do setor:

- Capacitação da mão de obra;
- Novas metodologias de construção civil;
- Falta de conhecimento das tecnologias a serem aplicadas;
- Monitoramento dos resíduos gerados;
- Monitoramento das caçambas que saem da obra até sua destinação final; cobrando preços elevados para a deposição dos RCD em aterros, incentivando a reciclagem;
- Triagem obrigatória de RCD em obras, definindo a destinação final de acordo com a classe do material;
- Plantas específicas para receber RCD;.
- Tabelas de custos do material reciclado demonstrando quão econômico pode ser;
- Taxação de matérias primas oriundas da atividade de mineração.

6 TECNOLOGIAS

O produto gerado da reciclagem de RCD é muitas vezes visto como subproduto. São elementos base da construção, geralmente mais baratos que os elementos de acabamento final. As tecnologias aplicadas em sua confecção são básicas e podem ser feitas na própria obra ou em canteiros específicos, utilizando unidades fixas ou móveis. Um aspecto importante é a necessidade do diagnóstico do material gerado, como quantidade e tipo, para a escolha correta dos processos e equipamentos para a reciclagem.

As capacidades de processamento das usinas correspondem a pequenas (100.000 t/ano), médias (300.000 t/ano) e grandes (600.00 t/ano) unidades de processamento e reciclagem de RCD. As mais comuns são as pequenas.

Independente do tamanho da usina, o processo de reciclagem de RCD é dividido basicamente em três etapas.

A primeira etapa consiste em fazer uma triagem prévia do RCD recebido antes de alimentar a usina, esta etapa é sempre necessária. Pode ser feita de maneira manual e/ou com pás carregadeiras ou retroescavadeiras, retirando e separando ferragens, metais, louças em geral, papelões, madeira, gesso acartonado. Considerando, é claro, que não houve contaminação do material com lixo orgânico. Os materiais retirados devem ser estocados separadamente, para processamento posterior, sendo ele: reciclagem ou destino final.

O RCD, agora menos contaminado, segue através de correias transportadoras em fluxo contínuo, para processo seguinte, que é a cominuição (fragmentação) por britador de mandíbulas e peneiramento.

Dependendo do nível da usina, o material pode passar por um aereo separador, que através do insuflamento de ar por pressão faz a separação de partículas mais leves (restos de papel, papelão e madeira). Pode também passar por imã, para retirada de material ferroso que tenha sobrado da catação manual/mecânica inicial.

Em relação ao peneiramento pode ser feito com o emprego de moinhos tubulares rotativos, que geram produtos com granulometrias abaixo e acima de 4 mm.

A terceira etapa é composta por tecnologias mais complexas, como o processamento do material em dois tipos de equipamentos, o jigge a ar (seco) e as espirais concentradoras. Essas tecnologias exigem pesquisas, ensaios em bancada e projetos piloto, com o objetivo de definir a especificação dos equipamentos e os parâmetros operacionais. Há controvérsias quanto à jigagem seca. Neto e Petter (2018) afirmam que esse processo tem uma grande eficiência quanto à classificação do material e que estudos experimentais de laboratório mostram resultados potenciais na escala industrial. No mesmo artigo informam que o princípio técnico da Espiral também está na segregação de partículas

por densidade, mas requerem fundo aquoso. O material flui em ação da densidade através de canais em espiral e a separação ocorre pela ação da força centrífuga.

Mondini (2018) fez um estudo sobre a dificuldade de utilizar materiais reciclados como agregados já que a heterogeneidade das composições geram comportamentos variáveis em misturas de concreto. Entendeu que uma das formas de reduzir essa heterogeneidade seria a separação por densidade dos grãos através da jigagem seca, e depois de analisar ensaios com corpos de prova, considerou ineficiente o processo para reduzir a variabilidade de resistência dos concretos.

Na contra mão de todas as tecnologias, pesquisadores da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Poli-USP), do Centro de Tecnologia Mineral (CETEM) e da Universidade Federal de Alagoas (UFAL) propõem um novo método para aproveitamento dos RCD, 50% mais barato e com redução de consumo de energia 60 a 80% em relação ao processo com britagem. Eles constataram que metade dos resíduos tinha tamanho inferior a 63 mm, ou seja, poderiam ser aplicados diretamente na composição de pavimentos, sem necessidade de britagem. A primeira etapa é sempre a separação manual dos materiais indesejáveis ao processo, seguido de peneiramento na bitola de 60 mm e depois uma nova remoção manual de outros contaminantes, como cerâmica, madeira e papel.

Independentemente da discussão sobre as tecnologias para reciclagem de RCD, as usinas de britagem ainda cumprem importante papel. As usinas fixas predominam no Brasil, principalmente por serem antigas e tradicionais. Já as usinas móveis estão sendo utilizadas não só no setor de construção civil, mas também em obras de infraestrutura, na britagem de material extraído do desmonte de rochas. Esse tipo de equipamento traz mobilidade e produtividade, fazendo a transformação do resíduo em produto final no próprio local de geração, economizando transporte e a compra de agregado natural.

As usinas fixas são ideais para situações que exigem um ciclo completo da reciclagem, peneirando em vários granulometrias diferentes, geralmente areia, pedrisco, brita, bica corrida e rachão. A produção mensal de uma usina fixa fica entre 8 e 9 mil m³/mês. O custo fixo é mais alto em relação à uma usina móvel, devido a necessidades como controle de portaria, de vigilantes, uso de pás carregadeiras.

As fixas são normalmente elétricas e as móveis, movidas a diesel, e as móveis produzem em média 4 a 7 vezes mais, dependendo de recursos humanos, mas se limitam a fazer apenas a bica corrida, com uso mais comum em pavimentação.

7 ESTUDO DE CASO - O BAIRRO ILHA PURA

O bairro Ilha Pura localizado na Barra da Tijuca, Zona Oeste do Rio de Janeiro, foi um bairro planejado que começou a ser construído em 2012. O empreendimento ocupa 800 mil metros quadrados de área e conta com apartamentos que variam de 2 a 4 dormitórios. Inicialmente ele foi usado

para atender a demanda dos Atletas das Olimpíadas RIO2016 e posteriormente foram vendidas as unidades para o público geral. Do ponto de vista urbanístico a implantação do bairro foi importante para o desenvolvimento da mobilidade urbana na Barra da Tijuca e seu entorno. A construção de grandes vias, como a Transoeste, Transolímpica e Transcarioca, encurtaram as distâncias entre outros locais da cidade e facilitaram o acesso a outras macrorregiões, como mostra a figura 1 abaixo:

Figura 1. Localização do Bairro Ilha Pura



Fonte: RIOS, 2014

Um condomínio de alto padrão com principal pilar de desenvolvimento na sustentabilidade o que resultou em diversas certificações e prêmios:

- Certificação LEED ND da América Latina
- Certificação AQUA Bairros e Loteamentos
- Selo Casa Azul de Construção Sustentável
- Certificação AQUA-HQE (Alta Qualidade Ambiental) Habitacional para todos os edifícios.
(PRÊMIO DESTAQUE ODEBRECHT, 2014)

As ações sustentáveis garantiram a redução do impacto nos recursos hídricos e energéticos e consequentemente a redução da emissão de gases de efeito estufa (GEE).

7.1 Sustentabilidade do Projeto

A noção de sustentabilidade de um empreendimento imobiliário deve estar presente em todo o ciclo de vida, desde sua concepção até sua requalificação ou demolição. A avaliação do ciclo de vida estabelece inventários completos para cada sistema, de forma a minimizar impactos ambientais, desde a extração das matérias-primas até a disposição final. A primeira ação deve ser a previsão e

classificação dos impactos ambientais e socioeconômicos gerados pelo empreendimento. Procurar uma certificação que garantisse a sustentabilidade do projeto foi objetivo desde o início.

O Guia de Sustentabilidade na Construção, elaborado pela Câmara da Indústria da Construção, lista nove diretrizes, apontados pelos principais sistemas de certificação voluntária, para que haja a construção sustentável, conforme o quadro 3.

Quadro 3. Diretrizes para a construção sustentável

DIRETRIZES	DESCRIÇÃO
Qualidade da implantação	Ao iniciar uma obra, o empreendimento deverá avaliar as condições externas do ambiente, para verificar os possíveis danos futuros causados ao meio ambiente, garantindo a viabilidade econômica, social e ambiental.
Gestão do uso da água	Antes de iniciar a construção, é necessária uma avaliação dos recursos hídricos disponíveis, e se for necessário, buscar outras soluções.
Gestão do uso de energia	É necessário considerar variáveis humanas, climáticas e arquitetônicas e, ao oferecer conforto aos clientes, deve-se incluir o aproveitamento dos recursos naturais disponíveis.
Gestão de materiais e (redução de) resíduos	Desde o início da obra, deve haver a preocupação com a correta utilização dos materiais e com a geração de resíduos, de modo a reduzi-los.
Prevenção de poluição	Aumentar a eficiência do uso de matérias-primas e insumos, para minimizar a geração dos resíduos e maximizar o uso de materiais adequados, evitando a poluição.
Gestão ambiental	A avaliação do ciclo de vida do empreendimento é fundamental.
Gestão da qualidade do ambiente interno	As características internas e externas do ambiente, devem ser consideradas no desenvolvimento do projeto sustentável, oferecendo conforto térmico e visual.
Qualidade dos serviços	A qualidade nos serviços leva à um produto final de qualidade, com aceitação e reconhecimento dos clientes.
Desempenho econômico	A partir das diretrizes anteriores, o empreendimento terá benefícios econômicos, retorno financeiro aos investidores e competitividade em relação aos concorrentes.

Fonte: Guia de Sustentabilidade na Construção (SINDUSCON, 2008)

A Ilha Pura foi o primeiro bairro planejado da América Latina que recebeu a Certificação LEED ND – Leadership in Energy and Environment Design for Neighborhood Development. Essa certificação surgiu a partir da proposta de três organismos internacionais – o USGBC (United States Green Building Council), o CNU (Congress of New Urbanism) e o NRDC (Natural Resources Defense Council). Está voltada basicamente para o desenvolvimento de bairros e comunidades novas ou existentes, propondo criar ambientes prósperos tanto para os habitantes quanto para a economia local. Incentiva a redução do espraiamento urbano, diminuindo a dependência dos automóveis, incentivando uma vida mais saudável e respeitando o meio ambiente. A seguir, alguns benefícios dessa certificação:

- Mínimo de 20% de redução do uso da água;
- Mínimo de 10% de redução global do uso de energia;
- 20% de redução do número de deslocamentos (viagens);
- 50% de material reciclado na infraestrutura;
- Paisagismo sem espécies invasoras e com espécies de baixa demanda hídrica;
- Calçadas com largura mínimas regulamentadas;
- Parques e serviços a uma distância média de 15 min de caminhada;

- Transporte público a uma distância de 5 minutos de caminhada.

Os construtores focaram em 6 itens que puderam ser acompanhados desde o projeto até a entrega do empreendimento:

1. Redução do GEE (gases de efeito estufa) – opção pelas melhores técnicas construtivas, materiais mais adequados e utilização de logística;
2. Meio ambiente – busca pela qualidade de vida, acessibilidade universal, análise do espaço e contexto local;
3. Eficiência energética – máximo conforto aos ocupantes do empreendimento, com mínimo de consumo, com soluções arquitetônicas inteligentes;
4. Eficiência hídrica – minimizar o consumo de água e utilização de fontes alternativas, reaproveitando e reutilizando;
5. Conservação de recursos naturais e gestão dos resíduos sólidos urbanos – correta seleção e utilização de materiais de modo a reduzir a geração de resíduos e reciclagem dos resíduos de construção, minimizando a extração mineral e a disposição final;
6. Mobilidade, incluindo transporte e conectividade.

As empresas responsáveis pelo empreendimento contrataram consultores para estabelecer diretrizes de sustentabilidade e acompanhar as atualizações normativas e legislações ambientais. A partir das diretrizes estabelecidas, a equipe de sustentabilidade da obra elaborava um Painel de Gestão de Sustentabilidade, ferramenta de gestão de consumos de água, energia e resíduos, com base em indicadores, e enviava para os gerentes e responsáveis de engenharia dos sete condomínios distintos. Esses faziam suas análises críticas e incentivavam ações de melhoria contínua.

Dentre as iniciativas implementadas pela equipe da Ilha Pura estão a implantação de usinas de concreto no canteiro de obras, redução na geração e reuso dos resíduos, redução do impacto na utilização de recursos hídricos e energéticos; diminuição da emissão de gases de efeito estufa (GEE), e o recrutamento e capacitação da mão de obra do entorno, através do programa Acreditar. Esse programa inscreveu 1.364 candidatos e formou 170 profissionais. Procuraram também implantar educação ambiental para todos os integrantes e parceiros do empreendimento.

7.2 Gestão dos Resíduos Sólidos

A obra da Ilha Pura seguiu as orientações do Programa de Gerenciamento de Resíduos Sólidos da Construção Civil (PGRCC). O Programa teve também como objetivo estabelecer formas de disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, além de fomentar a adoção de práticas sustentáveis de produção, consumo de recursos naturais e de serviços (TRIGO apud ILHA PURA, 2012b), considerando as dimensões política, ambiental e econômica da região que recebeu o empreendimento.

As seguintes etapas e ações foram observadas no PGRCC demonstradas no quadro 4.

Quadro 4: Etapas e Ações no PGRCC

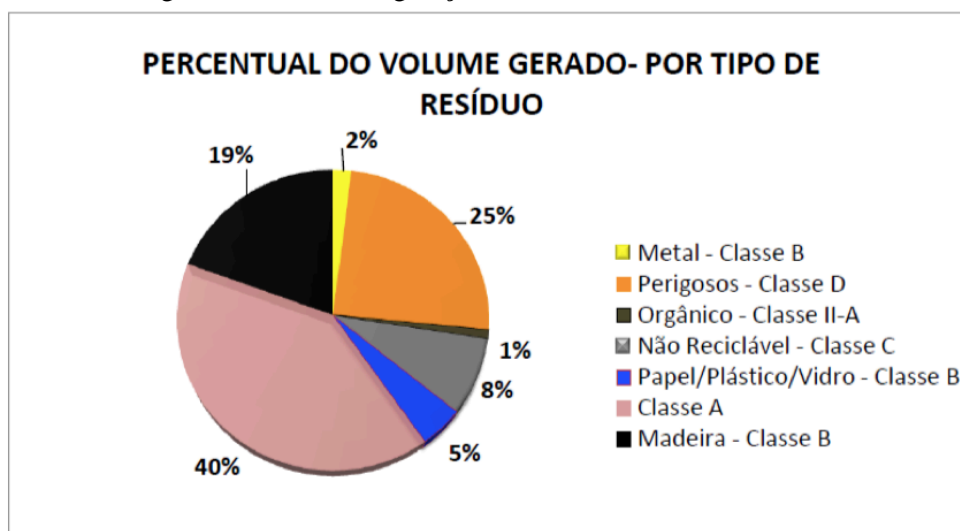
ETAPA	AÇÃO
Identificação/ Classificação dos Resíduos Sólidos	Treinamento dos funcionários para correta identificação dos resíduos e prática de coleta seletiva no canteiro para correta disposição com baias e coletores sinalizados para acondicionamento dos resíduos.
Coleta Interna e Acondicionamento	Acondicionamento na baia de acordo com sua categoria e armazenados, em local coberto e protegido de intempéries, e resistente a condições climáticas, sempre levando em consideração o tempo de armazenamento e a prevenção quanto à proliferação de vetores. O local escolhido deve prevenir vazamentos, derramamentos ou infiltração de água.
Armazenamento temporário	Estabelecidos pela NBR 12.235 os requisitos físicos de piso e cobertura, isolamento de área, formas de prevenção e mitigações em casos de vazamento, entre outros e a NBR 15.114 para área de reciclagem dos resíduos classe A. O tipo de armazenamento foi selecionado de acordo com o tipo de resíduo e a destinação final (transporte) a ser dada ao mesmo, sendo possível o uso de coletores, bombonas, big bags, baias, caçambas e outros modelos.
Coleta e Transporte Externo	As empresas transportadora possuem licença de operação. Toda retirada de resíduos foi aprovada e liberada pela equipe de sustentabilidade do empreendimento que gerou o resíduo, e que também preencheu o MTR (Manifesto de Transporte de Resíduos). O modelo de MTR deve estar de acordo com a DZ-1310.R-7 (Sistema de Manifesto de Resíduos), disponibilizado pelo INEA.
Tratamento e Destinação Final	De acordo com a resolução CONAMA 307, os resíduos da construção civil tem destinações específicas: <ul style="list-style-type: none"> • Classe A: deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados, ou encaminhados a áreas de aterro de resíduos da construção civil, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura; • Classe B: deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura; • Classe C: deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas. • Classe D: deverão ser armazenados, transportados, reutilizados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

Fonte: Elaborada pelo autor

Como se pode verificar na figura 2, os resíduos de classe A que correspondem a 40% do total de volume gerado foram reutilizados na primeira etapa de dentro do canteiro de obras. Esse percentual representa 10.755,1m³ dos resíduos Classe A na fase de infraestrutura, com relação a quantidade total gerada de 29.775,2 m³. As sobras de concreto foram utilizadas para a construção de pré-moldados como vergas, contravergas, newjersey, entre outros.

As ações referentes à gestão de resíduos da construção civil na Ilha Pura teve impacto no seu orçamento e beneficiamento interno, a correta separação permitiu a identificação de resíduos com esse potencial, conforme mostrado no quadro 5 e também que os resíduos considerados como recicláveis fossem enviados às cooperativas de reciclagem ou para sua melhor forma de disposição final.

Figura 2. Previsão de geração de resíduos sólidos da Vila dos Atletas



Fonte: RIOS, 2014

Quadro 5. Resíduos com potencial de beneficiamento interno.

Resíduo	Tipo de beneficiamento interno	Recurso natural poupado
Resíduos de construção, reformas e reparos de edificação: componentes cerâmicos, argamassa	Britagem e moagem	Agregado graúdo e miúdo
Resíduos de concreto de infraestrutura e estrutura	Apicoamento e triagem	Agregado graúdo
Gesso (liso)	Moagem e secagem	Gesso
Isopor	Desgaseificação e derretimento	Recurso mineral (óxidos)
Orgânico (restos de alimentos)	Metanização / Compostagem	Gás liquefeito de petróleo (GLP) Solo adubado Fertilizante orgânico.

Fonte: TRIGO, 2016

a. *Beneficiamento interno da sobra de concreto – resíduo classe A*

O beneficiamento interno foi a solução adotada para reduzir o volume de resíduos descartados a partir da reutilização e reciclagem dos mesmos. Ele consiste na organização do canteiro de obras, separação do concreto das armações metálicas, redução do tamanho, britagem e triagem dos resíduos e permitiu um melhor fluxo e otimização do uso dos materiais.

No caso do bairro Ilha Pura, foi montada uma indústria móvel de reciclagem de RCD com o uso de britadeira móvel, como mostrado nas Fotos 1, 2, 3 e 4. A solução gerou uma economia de R\$ 850.000,00 que seriam usados na compra de agregado e descarte do resíduo. Além disso, a britagem móvel reduziu o tráfego de 1300 caminhões que seriam usados para descarte dos resíduos e transporte de agregados.

Fotos de 1 a 4. Preparação e beneficiamento de resíduos para geração de bica corrida e rachão com aplicação “in loco” na Vila dos Atletas, RJ



Fonte: r3ciclo, 2013

Segundo TRIGO, foram feitos dois estudos para a realização do beneficiamento interno: o primeiro de 1.708m³ (chamado de B1 - piloto) e o segundo de 5.588m³ (B2), conforme mostrado na tabela 2. No primeiro beneficiamento, os serviços foram contratados por um volume estimado, baseado em levantamento topográfico, sendo que a sucata gerada no processo ficou com a Ilha Pura. Já no segundo, ele foi fechado por metro cúbico de agregado reciclado, garantindo um mínimo de 2.000 m³ de resíduo e a sucata ficando com a contratada. Em ambos os casos, o consumo de diesel pelos equipamentos ficou a cargo da contratada.

Tabela 2. Resultado das propostas de beneficiamento interno da sobra de concreto

Descrição	1° Beneficiamento B1	2° Beneficiamento B2	Total (B1 + B2)
Britagem	R\$ 71.950,00	R\$ 232.886,00	R\$ 304.836,00
Economia na compra do agregado	R\$ 81.727,80	R\$ 267.385,80	R\$ 349.113,60
Venda sucata metálica	R\$ 3.460,00	R\$ 0,00	R\$ 3.460,00
Redução de custo	-R\$ 13.237,80	-R\$ 34.499,80	-R\$ 47.737,00
Previsão de Orçamento (transporte e destinação)	R\$ 107.604,00	R\$ 352.044,00	R\$ 459.648,00
Lucro Líquido	R\$ 120.841,80	R\$ 386.543,80	R\$ 507.385,00
Redução da GEE no processo (ton CO ₂ e)	6,53	14,82	21,35

Nota: ton CO₂e- toneladas de CO₂ equivalente

Fonte: TRIGO *apud* Premio Destaque Odebrecht, 2016

O resultado foi positivo diante do impacto ambiental com redução da emissão dos gases de efeito estufa proveniente do transporte e mitigação do tráfego. A redução da geração de resíduos foi um ponto positivo também que contribuiu para a economia na utilização de recursos naturais provenientes de jazidas minerais, tudo isso devido à metodologia desenvolvida e empregada na obra do empreendimento.

8 CONCLUSÃO

Apenas as grandes obras, com áreas de construção acima de 10.000 m² ou 5.000 m³ de volume de demolição, segregam resíduos de construção e demolição, atendendo à Resolução CONAMA nº 387, apresentando um plano de gerenciamento de resíduos a para a aprovação junto à Secretaria Municipal de Urbanismo (BAPTISTA JR, 2013).

Estas segregam os resíduos para reutilização na própria obra ou disponibilizam para empresas recicladoras. Os demais, pequenas e médias obras, descartam geralmente em caçambas, sem nenhuma separação ou tratamento, geralmente misturados com resíduos orgânicos, o que contamina todo o material, inviabilizando a reciclagem. O destino final desse material, com poucas exceções, são aterros irregulares ou vias públicas. Os resíduos dessas pequenas obras representam mais de 50% do total dos resíduos de construção civil gerados no município do Rio de Janeiro.

A eliminação do descarte de resíduos da construção civil em aterros sanitários, aterros irregulares, lixões e terrenos e vias públicas pode se tornar uma realidade, possível de ser alcançada em futuro próximo, desde que haja o envolvimento de todos os atores deste processo e a definição clara de suas funções.

- Poder público – disponibilizar espaços públicos e infraestrutura para recebimento e reciclagem do material, dispostos em pontos estratégicos da cidade; incentivar a utilização do material reciclado; e, ao licenciar uma obra, exigir e cobrar o plano de gerenciamento dos resíduos;
- Geradores de resíduos da construção civil – proprietários do empreendimento e seus parceiros deverão estar conscientizados de suas responsabilidades perante a sociedade;
- Empresas de coleta – colocação e recolhimento das caçambas, com destino correto e com manifesto de resíduo, de modo que haja um monitoramento em tempo real dos transbordos;
- Associações de catadores – operação dos pontos de coleta e dos ATTs, realizando a segregação do material.

REFERÊNCIAS

ABRECON. **Site institucional**. Disponível em: <http://www.abrecon.org.br>. Acesso em: 13 mar. 2020.

ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2018/2019**. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br>. Acesso em: 10 mar. 2020.

ALMEIDA, Marcio H. Krause de. **Gestão de RCD no Município do Rio de Janeiro**. Tese (Mestrado em Engenharia Ambiental) – UERJ, Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15.112/2004**. Resíduos de construção civil e resíduos volumosos – Área de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Disponível em: <http://www.passeidireto.com>. Acesso em: 07 mar. 2020.

_____. **NBR 15.113/2004**. Resíduos sólidos na construção civil e resíduos inertes – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Disponível em: <http://www.passeidireto.com>. Acesso em: 07 mar. 2020.

_____. **NBR 15.114/2004**. Resíduos sólidos na construção civil – Área de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Disponível em: <http://www.passeidireto.com>. Acesso em: 07 mar. 2020.

_____. **NBR 15.115/2004**. Agregados reciclados de resíduos sólidos na construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos. Disponível em: <http://www.passeidireto.com>. Acesso em: 07 mar. 2020.

_____. **NBR 15.116/2004**. Agregados reciclados de resíduos sólidos na construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos. Disponível em: <http://www.passeidireto.com>. Acesso em: 07 mar. 2020.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente - CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 448**, de 18 de janeiro de 2012: Altera os arts. 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10º e 11º da **Resolução nº 307**, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Jan. 2012. Disponível em: <http://www.mma.gov.br>. Acesso em: 08 mar. 2020.

_____. Ministério do Meio Ambiente - CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 307**, de 5 de julho de 2002: Diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Jul. 2002. Disponível em: <http://www.mma.gov.br>. Acesso em: 08 mar. 2020.

_____. **Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil03>. Acesso em 07 mar. 2020.

BAPTISTA JR, Joel V; ROMANEL, Celso. **Sustentabilidade na indústria da construção: uma logística para reciclagem dos resíduos de pequenas obras**. Artigo para urbe.Revista Brasileira de Gestão Urbana v.5, p 27-37, jul/dez 2013. Disponível em: www.scielo.br/pdf/urbe. Acesso em: 14 abr. 2020.

BRASILEIRO, L. L., MATOS, J. M. E. **Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil**. Cerâmica vol. 61 nº358 São Paulo abr./jun. 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br>. Acesso em 14 mar. 2020.

CÂMARA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Guia de Sustentabilidade na Construção**. Belo Horizonte, FIEMG, 2008. Disponível em: www.sinduscon-mg.org.br/site/arquivos/up. Acesso em: 20 abr. 2020.

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Poli-USP), Centro de Tecnologia Mineral (CETEM) e Universidade Federal de Alagoas (UFAL). **Resíduos da Construção Civil**. Artigo. Disponível em: www.mma.gov.br/estruturas/a3p/_arquivos/residuos_construcao_civil.pdf. Acesso em: 27 mar. 2020.

FRANÇA, Sergio L.B., QUELHAS, Oswaldo L.G. **Produção mais limpa: sustentabilidade para a construção civil** – Artigo apresentado no ICTR 2004 – Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: <http://www.inovarse.org>. Acesso em: 24 mar. 2020.

KARPINSKI, A.L. *et al.* **Gestão diferenciada de resíduos da construção civil: uma abordagem ambiental**, EDIPUCRS, Porto Alegre, 2009. Disponível em: <http://www.sinduscondf.org.br/portal/arquivos/GestaodeResiduosPUCRS.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2020.

MONDINI, Bruno Goulart. **Avaliação da variabilidade de concretos utilizando resíduos de construção e demolição submetidos ao processo de separação por jigagem a seco**. Trabalho de Graduação Engenharia civil, 2018. Disponível em: <http://lume.ufrgs.br>. Acesso em 27 mar. 2020.

MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO – **Decreto nº 27.078/2006**, de 27 de setembro de 2006. Disponível em: <http://www.leismunicipais.com.br>. Acesso em: 12 mar. 2020
_____. – **Decreto nº 33.971**, de 13 de junho de 2011. Disponível em: <http://www.leismunicipais.com.br>. Acesso em: 12 mar. 2020

NETO, Raul Oliveira; PETTER, Carlos Otávio. **Diagnóstico e tendências nas tecnologias aplicadas a reciclagem dos resíduos da construção e demolição**. Artigo apresentado no 1º Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade, Gramado – RS, 2018. Disponível em: <http://www.ibeas.org.br>. Acesso em: 27 mar. 2020.

OLIVEIRA, Bárbara Tannus de. **Uso de resíduos de construção e demolição em argamassas para revestimento de alvenarias**. Tese (Graduação em Engenharia Civil) – UFRJ, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <http://www.monografia.poli.ufrj.br>. Acesso em: 07 mar. 2020.

r3ciclo Demolição e Reciclagem. **Site da empresa**. Disponível em: <http://www.r3ciclo.com.br/obras/reciclagem-de-rcd-vila-dos-atletas-rio-de-janeiro/> Acesso em: 22 abr. 2020.

RIOS, Mariana B. C. **Estudo de aspectos e impactos ambientais nas obras de construção do Bairro Ilha Pura – Vila dos Atletas** (Mestrado em Engenharia Civil) – UFRJ, 2014.

TRIGO, Aline G.M.; SALIM, Thiago G.C.; MIRANDA, Andre L.T. **Gerenciamento de resíduos de construção civil: as principais práticas de beneficiamento interno ao empreendimento Ilha Pura**. Artigo apresentado no XII Congresso Nacional de Excelência em Gestão e III Inovarse – Responsabilidade Social Aplicada, 2016. Disponível em: www.inovarse.org/sites/default/files/T16_081.pdf. Acesso em: 15 abr. 2020.