

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO
DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

AVALIAÇÃO DOS CUSTOS E BENEFÍCIOS DA GESTÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO: ESTUDO DE CASO PARA A SUBSTITUIÇÃO DO AGREGADO MIÚDO NA MASSA DE REBOCO EM UMA OBRA RESIDENCIAL EM FEIRA DE SANTANA-BA

Kécia Davina Cirqueira Portela de Oliveira, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia-UFRB, kelldavina@gmail.com

Anaxsandra da Costa Lima Duarte, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia-UFRB, anaxsandra@ufrb.edu.br

Édico Oliveira Gomes, Universidade Estadual de Feira de Santana, gomesedico2@gmail.com

Thamires Oliveira do Bomfim, Universidade Estadual de Feira de Santana, thamiresodobomfim@gmail.com

Resumo

O setor da construção civil gera toneladas de resíduos sólidos todos os anos das quais a grande maioria é descartada de forma inadequada, sem possibilidade de reuso ou reciclagem. Nesse contexto, o presente estudo tem por finalidade demonstrar a importância do gerenciamento sustentável dos resíduos oriundos da construção civil (RCCs) e da adoção de um Plano de Gerenciamento de RCC (PGRCC) apresentando seus benefícios socioeconômicos em um canteiro de obra em Feira de Santana- BA. O método de pesquisa é o estudo de caso, que se baseou nas diretrizes da Conama 307/2002 para a elaboração das ferramentas de avaliação. Dessa forma, para atingir tais objetivos, foi elaborado um comparativo do gerenciamento de RCCs em dois cenários, cenário 1 sem o aproveitamento dos resíduos e o cenário 2 com a substituição do agregado miúdo reciclável na massa de reboco da própria obra. Observou-se que a implantação do PGRCC é economicamente viável para a construção civil, apresentou redução de R\$ 1548,00 reais em agregado miúdo com a utilização de resíduos para o cenário com aproveitamento de RCCs na obra em estudo. Isto representa ganhos econômicos para a empresa, sociais com a reciclagem de resíduos e menor extração de matéria-prima do meio ambiente.

Palavras-chave: Construção sustentável, Reciclagem, PGRCC.

1. Introdução

Após a década de 1970, houve um crescimento populacional acelerado, devido ao desenvolvimento da indústria e comércio provocaram o aumento da economia e o grande crescimento da produção de bens e serviços da população. Dessa forma, perante a expansão dos centros urbanos, o planejamento e a organização das cidades não se adequaram a tal acontecimento, o que gerou à produção de resíduos sem destinação correta, ausência de saneamento básico adequado, investimentos condizentes em infraestrutura e urbanismo, mas inexistência em investimentos em saúde pública e melhoria da qualidade de vida, entre outros (KARPINSK, 2009).

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO
DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

A indústria da construção civil (ICC) gera toneladas de Resíduos Sólidos todos os anos, dos quais grande parte são descartados de forma inadequada e sem preocupação com o meio ambiente. Atualmente, existem muitas tecnologias para reciclagem total ou parcial dos Resíduos da Construção Civil (RCC) com viabilidade econômica, redução nos custos na compra de matéria prima e na extração da mesma. Assim o RCC deixa de ser um problema e passa a ser uma saída sustentável para a escassez de alguns materiais extraídos dos recursos naturais. Com a reciclagem dos RCCs o ciclo de vida se fecha dentro do próprio setor da construção, sendo de grande importância, trazendo um equilíbrio entre a demanda e a disponibilidade do subproduto (BIGOLIN, 2013).

Dentro desse contexto, o objetivo deste trabalho foi estimar os custos e benefícios econômicos de uma proposta de gerenciamento sustentável de resíduos em uma obra residencial no município de Feira de Santana-BA, propondo alternativas para reaproveitamento dos resíduos gerados no próprio canteiro da obra. Contudo, a gestão dos resíduos, conforme determina a Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010), deve-se obedecer a uma ordem definida de prioridades. Assim, antes da reciclagem, é preciso evitar a geração dos resíduos por medidas simples como organização de canteiro, controle de materiais, segregação de resíduos, acondicionamento e transporte adequado.

2. Fundamentação teórica

A construção civil é reconhecida como uma das mais importantes atividades para o desenvolvimento econômico e social do país, mas, por outro lado, apresenta-se como grande geradora de impactos ambientais, quer pelo consumo de recursos naturais, quer pela modificação da paisagem ou pela geração de resíduos. A ICC apresenta grandes volumes de materiais de construção e de atividades nos canteiros de obras, o que acaba gerando uma elevada produção de resíduos produzidos nas áreas urbanas, depositados de maneira indistinta e desregrada em locais de fácil acesso, como em terrenos baldios. Porém não é só durante a construção que os resíduos são gerados, as áreas degradadas provocadas por esses empreendimentos ocorrem em três momentos: na extração, fabricação de materiais e execução das obras (KARPINSK, 2009).

Os resíduos sólidos produzidos pela construção civil formam volume heterogêneo de materiais e quando dispostos de maneira inadequada em lixões, ou próximos a córregos e rios, trazem problemas à saúde e ao meio ambiente, provocando o assoreamento, proliferação de agentes transmissores de doenças, obstrução dos sistemas de drenagem (galerias, sarjetas e canais), ocupação de vias e logradouros públicos por resíduos, com prejuízo à circulação de pessoas e veículos, além da própria degradação da paisagem urbana. Esses problemas se devem à falta de efetividade ou à inexistência de políticas públicas para orientar e disciplinar a sua destinação no meio urbano, juntamente com o descompromisso dos geradores no manejo e, principalmente, na destinação dos resíduos (ROTH; GARCIAS, 2009).



Diante do exposto, a ICC tem movido diversas discussões a respeito da necessidade de se alcançar o desenvolvimento sustentável. Sendo assim, é imprescindível o desenvolvimento de obras civis mais adequadas aos princípios da construção sustentável, que não causem tantas destruições, adotando formas de exploração de matéria-prima mais conscientes e alternativas, utilizando materiais e processos construtivos que objetivem a harmonia entre o homem e o meio, a partir de tecnologias inovadoras que resultam em ganhos no processo de produção, economia, melhor qualidade final do produto e menor desperdício (GUIMARÃES et al., 2005).

Uma possibilidade na busca pelo desenvolvimento sustentável é a da utilização de resíduos da construção civil (RCC), como matéria-prima ou sob forma de agregado. É possível produzir, pela sua reciclagem materiais como: a areia, brita e bica corrida para uso em pavimentação asfáltica, contenção de encostas, canalização de córregos e uso em argamassa e concreto. Da mesma forma, podem-se fabricar componentes de construção, tais como: blocos, tubos para drenagem e placas (CARNEIRO, 2001).

É nesse contexto, que a Resolução 307 do CONAMA, de julho de 2002, prevê e estabelece prazos para o enquadramento de municípios e de geradores de resíduos de construção e demolição, propondo que tais resíduos não poderão ser dispostos em aterros de resíduos domiciliares, em áreas de “bota-fora”, em encostas, ou em áreas protegidas por lei. Os RCCs, dependendo da sua classificação, devem ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados, ou encaminhados às áreas de aterro de resíduos da construção civil, sendo de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura; podem ainda ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas. (ANGULO, 2004)

O Quadro 1 a seguir mostra que a Resolução 307/02 classifica os resíduos da construção civil e indica as ações necessárias de forma a minimizar os impactos:

Quadro 1- Classes e destinos dos resíduos da construção e demolição/ Resolução 307/02

Classes	Integrantes	Destinação
A	Componentes cerâmicos, argamassas, concretos.	Encaminhar para um triturador de blocos previamente instalado no canteiro, sendo o material final reutilizado em calçadas, bases e sub-bases de pavimentos. Reutilizar ou reciclar em forma de agregados. Encaminhar para um aterro de resíduos de construção civil, dispondo de modo a permitir sua utilização ou reciclagem.
B	Plásticos, papel, papelão, madeira, metais, vidros, gesso e outros.	Reutilizar, reciclar ou encaminhar às áreas de armazenamento temporário, permitindo a utilização ou reciclagem futura. Armazenar em local predeterminado e reutilizar para transporte de materiais e equipamentos, sendo depois enviado à empresa habilitada ao seu recolhimento. Enviar à empresa compradora.
C	Resíduos que não foram desenvolvidos tecnologias ou aplicações para reciclagem.	Armazenar, transportar e destinar em conformidade com as normas técnicas específicas. Armazenar em depósitos até destinação final.



D	Tintas, solventes, óleos e outros resíduos contaminados.	Armazenar transportar e destinar em conformidade com as normas técnicas específicas. Sobras podem ser reutilizadas para pinturas de tapumes e outros usos dentro da obra, e a destinação final deverão ser feita por empresa habilitada a seu recolhimento.
----------	--	---

Fonte: Adaptado de KARPINSKI (2009, p. 48)

Além da economia na aquisição de matéria-prima, devido à substituição de materiais convencionais pelo RCCs, há possibilidade de venda a terceiros, o barateamento da construção com o emprego do material reciclado, o aumento da vida útil dos aterros e a preservação da matéria-prima para uso mais nobre ou que tenha exigência Técnica. A produção de agregados com base no RCC pode gerar economias de mais de 80% em relação aos preços dos agregados convencionais (FREITAS, 2009).

Para que a reciclagem seja possível, é preciso que haja a elaboração e implantação de um plano de gerenciamento de resíduos de construção civil (PGRCC). Para realizar tal tarefa, o CONAMA exige a elaboração de um documento técnico que comprove a capacidade das empresas geradoras de resíduos para controlá-los, utiliza-se como ferramenta o Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil ou PGRCC (PINTO, 2005).

Para melhor gerenciar os resíduos da construção civil, a Resolução 307 (CONAMA 2002) estabeleceu que o PGRCC deve contemplar as seguintes etapas, como exibe o quadro 2, a seguir:

Quadro 2- Etapas do PGRCC

I- Caracterização	O gerador deverá identificar e quantificar os resíduos.
II- Triagem	Deverá ser realizada, preferencialmente, na origem, ou ser realizada nas áreas de destinação, licenciadas para essa finalidade.
III- Acondicionamento	O gerador deve garantir o confinamento dos resíduos após a geração até a etapa de transporte, assegurando condições de reutilização e de reciclagem.
IV- Transporte	Deverá ser realizado de acordo com as normas técnicas vigentes.
V- Destinação	Deverá ser prevista de acordo com o estabelecimento na Resolução 307/02.

Fonte: Adaptado CONAMA 307/02

A resolução 307/02 define que os Planos de Gerenciamento de Resíduos da construção Civil sejam elaborados e implementados pelos geradores, exceto os pequenos, tendo como objetivo estabelecer os procedimentos necessários para o manejo e destinação ambientalmente adequados dos resíduos. Portanto, o objetivo do PGRCC é de antecipar os procedimentos e orientações descritas sobre a gestão interna no canteiro, remoção e destinação dos resíduos.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

3. Metodologia

Este trabalho consiste em um estudo de caso que contempla o método proposto pelo Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado do Paraná (Sinduscon-PR), sendo que este projeto atende ao Decreto Municipal 1.068 de 2004 que institui o Regulamento do Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil. Dessa forma, para atingir os objetivos do presente trabalho, foi necessário elaborar um comparativo do gerenciamento de RCCs para a obra em dois cenários: o primeiro sem o aproveitamento dos resíduos e o segundo com aproveitamento in loco dos resíduos da classe A, segundo a resolução Conama 307.

3.1 Caracterização da Obra

A obra se trata de uma construção de uma residência em um condomínio particular, localizado na cidade de Feira de Santana-BA, na Avenida Noide Cerqueira. Conforme o projeto arquitetônico, a edificação será constituída com dois pavimentos, térreo e 1º pavimento, com uma área total do terreno igual a 600m² e área a construir de 270 m². A residência é composta por três suítes, sala de estar, cozinha, área de serviço, espaço gourmet e piscina. As tecnologias construtivas adotadas foram estrutura em concreto armado, vedação dos vãos em tijolos cerâmicos e revestimento em gesso e porcelanato. A figura 1, a seguir, exhibe o projeto arquitetônico da planta baixa do térreo.

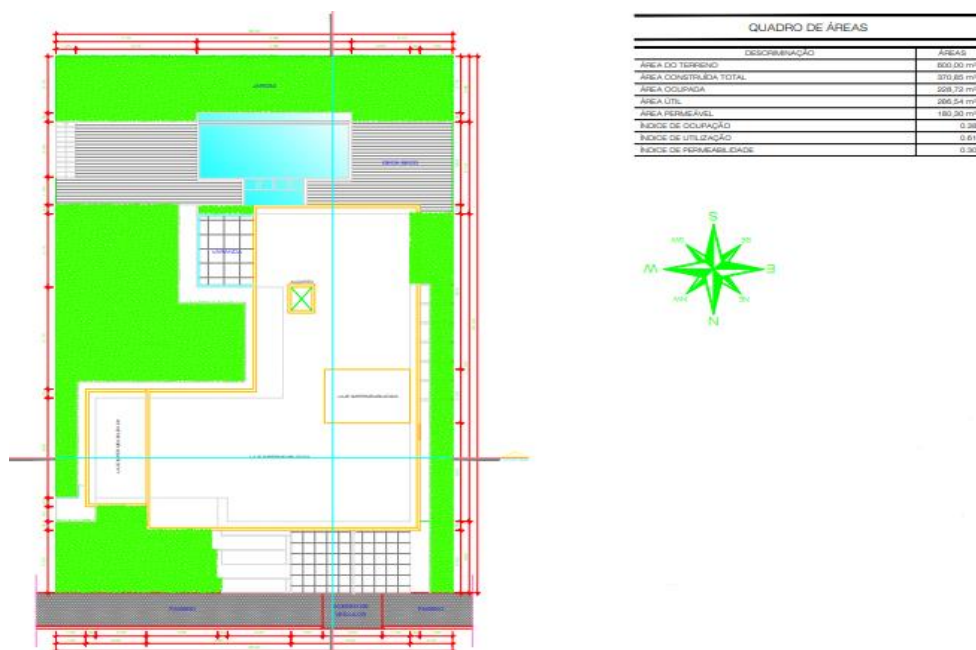


Figura 1- Projeto arquitetônico (Planta baixa)
Fonte: Elite Construções (2021)



3.2 Composição dos cenários

O Quadro 3 a seguir apresenta os RCCs gerados nos ciclos de construção da obra, sendo que os mesmos são tratados de forma diferente entre os cenários.

Quadro 3- Geração de RCC- Fases construtivas da obra

Fases	Tipos de resíduos gerados
1ª) Limpeza	Solos, rochas, vegetação, galhos.
2ª) Montagem do canteiro	Blocos cerâmicos, concreto (areia e brita)
3ª) Fundações	Solos e rochas.
4ª) Superestrutura	Concreto, madeira, sucata de ferro.
5ª) Alvenaria	Blocos cerâmicos, argamassa, papel e plástico.
6ª) Concretagem (laje)	Concreto, vigotas, pregos.
7ª) Alvenaria (1º andar)	Blocos cerâmicos, blocos de concreto e argamassa, papel e plástico.
8ª) Concretagem (laje 1º andar)	Concreto, vigotas.
9ª) Instalações hidro sanitárias	Blocos cerâmicos e PVC.
10ª) Instalações elétricas	Blocos cerâmicos, conduites, mangueiras, fio de cobre.
11ª) Reboco interno/ externo	Argamassa
12ª) Revestimentos	Pisos e azulejos cerâmicos, papel, papelão e plástico.
13ª) Forro de gesso	Placas de gesso.
14ª) Pinturas	Tintas seladoras, vernizes e texturas.

Fonte: Adaptado CONAMA 307/02

Cenário 1- sem aproveitamento dos resíduos

Durante o processo de construção da obra, todos os resíduos gerados, nesse cenário, desde a 1ª etapa construtiva dos serviços preliminares, como a limpeza do terreno, até a 14ª etapa, serão armazenados em caçamba tipo Brooks (conhecida popularmente como Papa entulho) e levados diretamente ao aterro, Sustentare, localizado em Feira de Santana, onde os RCCs são aterrados como resíduos classe II-B, inertes, segundo a NBR 10004. Esta opção pelo citado aterro se deve ao fato de não existir um aterro exclusivo para RCC em Feira de Santana. Para confirmar a opção por esse tipo de descarte, observou-se o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Feira de Santana- PMGIRS, a cidade dispõe de seis pontos de entulho limpo (antes denominados Ecopontos) com caçambas para destinação de entulhos e resíduos volumosos de geradores pequenos, e a coleta das caçambas ocorre pela empresa Sustentare Ambiental.

Cenário 2 - com aproveitamento dos resíduos

Nesse cenário, em primeiro lugar, houve a implantação de estratégias para o armazenamento de insumos e emprego que visassem a não geração de resíduos. Em segundo lugar, os



RCCs gerados serão segregados- conforme a classe e acondicionados em dispositivos de coleta de acordo ao volume gerado. Dessa forma, os RCCs da classe A serão quantificados e encaminhados ao britador de resíduos para serem transformados em agregado miúdo e inseridos no reboco da própria obra. O RCC da classe B será doado à cooperativa de catadores, os da classe C serão transportados na coleta regular de resíduos pela Prefeitura da cidade. Os resíduos perigosos, classificados como Classe D, serão armazenados em caixa brooks e encaminhados para o aterro Sustentare, conforme o PMGIRS de Feira de Santana.

3.3 Elaboração do Plano de Gerenciamento de resíduos da construção civil (PGRCC)

Para a elaboração do Plano de Gerenciamento de resíduos foi seguido um roteiro, descrito pela Sinduscon/PR de 2008. A Figura 1, a seguir contempla todos os requisitos para a elaboração do PGRCC.

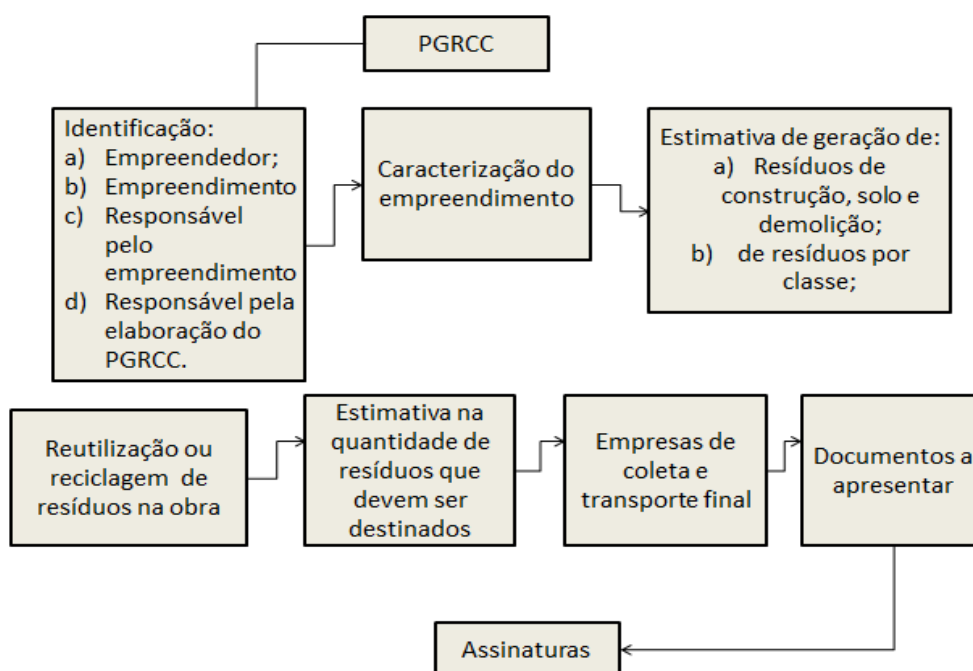


Figura 2- PGRCC simplificado
Fonte: Adaptado Sinduscon/PR (2008)

3.4 Estimativa da Geração de Resíduos

Para estimar a quantidade de resíduos em ambos os cenários, foi utilizada a proposta da Sinduscon/PR (2008). O método utilizado será explicado na Tabela 1, a seguir:



Tabela 1 - Estimativa de geração de resíduos da construção

Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3
Área a construir (m ²)	Resíduo em peso (Kg)	Resíduo em volume (m ³)- TRCC
Obtido no projeto arquitetônico	Coluna 1x150 Kgs/m ³	TRCC= Coluna 2 ÷ 1300 Kg/m ³

Fonte: Adaptado de Sinduscon/PR (2008)

Estimativa de resíduos por classe para o cenário 2

Através do que exige a literatura, a quantidade estimada de resíduos por classe, é calculada pela porcentagem da produção de TRCC, como exhibe a tabela abaixo:

Tabela 2- Estimativa de geração de resíduos por classe

Total de resíduo em volume (m ³)	Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
TRCC	60% TRCC	30% TRCC	5% TRCC	5% TRCC

Fonte: Adaptado de Sinduscon/PR (2008)

3.5 Estimativas dos custos dos resíduos para cada cenário

Cenário 1: Os custos envolvem apenas o aluguel de caçambas com transporte (este valor está incluso o destino adequado) e a compra do agregado miúdo. Portanto, é preciso estimar o volume de resíduos gerados e o custo do pacote de serviço que contempla aluguel das caçambas e transporte adequado. Para tanto, foi utilizada uma equação para a estimativa dos custos do cenário 1:

$$Custo_{cenário\ 1} = CAC + CAV \quad \text{Eq. [1]}$$

Em que:

CAC= Custo com aluguel de caixa Brooks

CAV= Custo com compra do agregado miúdo

Cenário 2: Os custos que estão associados para esse cenário são: o aluguel do britador de resíduos classe A e aluguel de caçambas para os resíduos excedentes dessa classe, os big bags para o armazenamento dos resíduos da classe B e C, classe D dispositivo de coleta e transporte para aterro específico. Caso a quantidade de resíduo da classe A não seja suficiente para atender toda a demanda por agregado neste cenário, também será estimada a compra de agregado miúdo. Dessa forma, foi utilizada a seguinte equação:

$$Custo_{cenário\ 2} = CAB + CAC + CCC + CDD + CAV \quad \text{Eq. [2]}$$

Em que:

CAB = Custo com aluguel do britador;



CAC = Custo com aluguel de caixa Brooks (excedente classe A);
 CCC= Custo de compra de big bags para resíduo classe B e C
 CDD = Custo de caixa Brooks e destinação dos resíduos da classe D e excedente classe A
 CAV= Custo com a compra do agregado miúdo.

Para a estimativa de demanda do volume de areia reciclada, o agregado miúdo produzido a partir do RCC da classe A, será introduzido no reboco da própria construção, substituindo a areia. Para a estimativa da quantidade de agregado miúdo que irá ser substituído pela areia reciclada, deve ser calculada da seguinte forma, através da equação 3:

$$V_{\text{areia reciclada}} = A_{\text{reboco}} \times e_{\text{reboco}} \times C_{\text{areia}} \quad \text{Eq. [3]}$$

Em que:

A= Área de reboco (m²)

e= Espessura (m)

C= Consumo de areia (Kg/m³)

3.6 Estimativa dos benefícios dos cenários com a implantação do PGRCC

Cenário 1: Não possui benefícios econômicos e nem ambientais.

Cenário 2: Além dos benefícios ambientais intangíveis da não-exploração dos recursos naturais para a fabricação de agregado, que não serão calculados neste trabalho, este cenário contempla o benefício econômico da redução de custos com a aquisição do agregado e o benefício social da venda de resíduos classe B. A redução de custos com o agregado já foi calculada pelas Equação 2 e 3, enquanto o benefício social foi calculado pela Equação 4. Assim, se obtem ganho econômico da cooperativa de catadores, para o qual serão doados os RCCs classe B.

Dessa forma, os benefícios desse cenário, são estimados através da seguinte equação:

$$\text{Benefício social}_{\text{cenário 2}} = \text{VVR} \quad \text{Eq.[4]}$$

Em que:

VVR = Valor de venda dos recicláveis, que será recebido apenas pela cooperativa.

O Quadro 4, a seguir, apresenta a estimativa dos tipos de resíduos da classe B gerados nos canteiros de obras.

Quadro 4- Estimativa de venda para resíduos classe B

Resíduos	Papelão	Papel	Plástico	Vidro	Metal
Porcentagem	4,02%	6,42%	3,48%	0,18%	0,60%
Valor de venda (R\$/Kg)	0,20	0,2	0,32	0,38	1,30

Fonte: Adaptado de Silvia et. Al. (2017).



4. Resultados

Neste item estão descritos os aspectos relevantes da aplicação da metodologia do PGRCC nos cenários 1 e 2 para gestão dos resíduos produzidos no canteiro de obra, considerando as atividades, a proposição de ações diferenciadas, como o uso do britador de resíduos no cenário 2, e a busca da consolidação da viabilidade econômica através da utilização dos agregados produzidos in loco.

Cenário 1-PGRCC

Na elaboração do PGRCC deste cenário (no qual não haverá aproveitamento dos resíduos) não foram contempladas as etapas de caracterização, nem triagem dos resíduos. Houve somente acondicionamento do entulho gerado na obra, onde os materiais heterogêneos formados em todas as etapas construtivas foram colocados no canto do pavimento térreo e inserido em um dispositivo de coleta, caçamba estacionária. O transporte foi realizado ao local licenciado para receber os resíduos da construção de acordo ao Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil de Feira de Santana. Assim, o PGRCC do cenário 1 compreende apenas os itens da 1ª a 3ª e 6ª etapa do PGRCC, descrito na metodologia, na Figura 1.

Cenário 2-PGRCC

Nesse cenário, toda segregação foi realizada na fonte geradora, limpeza, acondicionamento final e destinação adequada, ou seja, todos os resíduos gerados nas frentes de serviço, após as atividades, serão separados e armazenados nos dispositivos correspondentes. Os equipamentos de acondicionamento utilizados para o confinamento dos materiais estão localizados no pavimento térreo na área externa da residência.

Para o acondicionamento da classe A de resíduos foram utilizadas no canteiro de obra caçambas estacionárias com capacidade de 5m³ compatível ao volume produzido. Para o seu reaproveitamento, foi instalado um britador de entulho para possibilitar a redução granulométrica dos RCCs gerados, transformando-os em agregados miúdos, a fim de substituir o agregado natural no reboco da própria obra.

Em relação aos resíduos da classe B foram adotadas big bag de capacidade de 1 m³ de acordo com a CONAMA 275/2001: azul para papel, preto indicado para a madeira, vermelho destinado aos plásticos, verde aos vidros, amarelo para o metal e cinza destinado ao gesso. Os resíduos da classe B serão doados para cooperativas de catadores, com exceção do gesso que será encaminhado na coleta regular da prefeitura.

Já para os RCCs da Classe C, resíduos considerados como sólidos urbanos (RSU) foram implantadas big bag com capacidade de até 1m³, e transportados de acordo às normas específicas, sendo encaminhados para o aterro Sanitário Sustentare. No que tange aos RCCs de classe D segundo a CONAMA 307 de 2002, resíduos perigosos, serão armazenados em caixa Brooks



e enviados ao aterro da cidade Sustentare, visto que está de acordo ao PMGIRS de Feira de Santana. Dessa forma, todas as etapas do PGRCC, conforme exibe o fluxograma, foram devidamente implantadas, contemplando todos os itens do roteiro da Sinduscon/PR de 2008.

Organização do canteiro- cenário 2

Para compatibilizar a disposição dos contêineres com o andamento da obra, foram propostos dois layouts produzidos no Revit 2021. As Figuras 3 a 6 exibem a organização do canteiro do cenário 2, até a 6ª fase construtiva, as figuras 7 e 8 exibem a organização do canteiro a partir da 7ª fase construtiva até a 14ª fase construtiva.



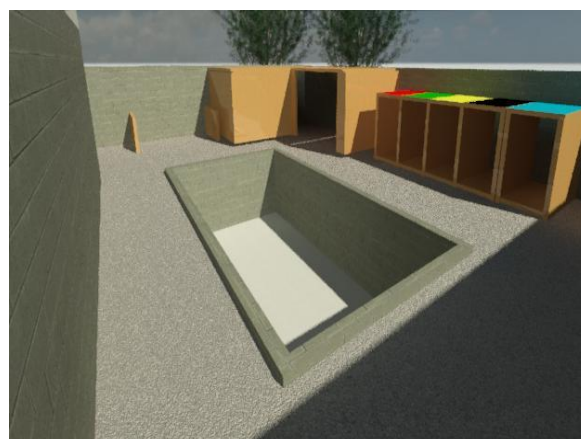
Figura 3: Organização do canteiro cenário 2 (PGRCC)- 6ª etapa da construção
Fonte: Autores (2021)



Figura 4: Organização do canteiro do cenário
Fonte: Autores (2021)



Figura 5: Dispositivos de resíduos
Fonte: Autores (2021)



Fonte: Autores (2021)
Fonte: Autores (2021)

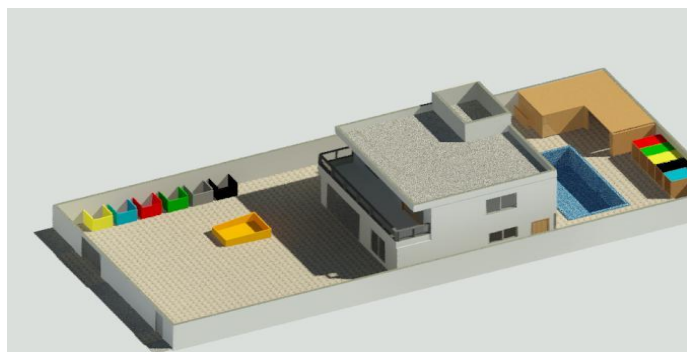


Figura 7: Organização do Canteiro cenário 2 – 7ª até a 14ª etapa construtiva
Fonte: Autores (2021)



Figura 8: Organização do Canteiro cenário 2 – 7ª a 14ª etapa construtiva
Fonte: Autores (2021)

A organização do canteiro foi realizada de acordo com as etapas construtivas da obra. A caçamba estacionária foi acoplada próxima à saída, para facilitar a entrada do caminhão da empresa de resíduos para a retirada dos RCCs. Os big bags da classe B foram colocados próximos à saída do canteiro para facilitar a coleta da cooperativa de catadores. Até a 5ª etapa da construção, haveria pouca geração de resíduos da classe C e D, portanto os dispositivos de coletas foram colocados próximos ao portão de dimensão menor, sendo um local estratégico de pouca movimentação com mais facilidade para a sua remoção. As baias foram instaladas próximas à piscina juntamente com a central de produção de agregados, para facilitar a locomoção dos materiais durante a obra.

O trabalho de segregação na fonte será feito de forma constante e consolidada até a 14ª etapa da obra. A partir da 6ª fase a produção de agregados é maior, porém a central de produção e o britador continuam instalados no final da área externa da obra. Os dispositivos dos resíduos da classe C e D serão utilizados, devido ao uso de tintas, solventes e materiais considerados perigosos para a Conama 2002, na última etapa. A caçamba de RCC da classe A, e os big bag de RCC da classe B, continuam acopladas ao mesmo lugar diminuindo a movimentação para o descarte e a retirada dos RCCs próximos à saída.

4.3 Estimativa de resíduos para ambos os cenários

A estimativa da geração de resíduos na construção dessa residência será determinada com base no roteiro de proposta de Sinduscon/PR de 2008, com o auxílio do projeto arquitetônico da obra. A tabela apresenta uma estimativa da geração de RCCs e equipamentos para o manejo dos resíduos, conforme explicado na Tabela 1.

Tabela 3- Estimativa de geração total de resíduos – Cenário 1 e 2

Resíduo em peso (Kg)	Resíduo em volume (M³)
----------------------	------------------------



270

40.500

31

Fonte: Autores (2021)

Estimativa de resíduos para cenário 2

A Tabela 4 exibe a estimativa de geração de resíduos por classe, conforme a CONAMA 307/2002.

Tabela 4- Quantidade de resíduos por classe

Área a construir (M ²)	Total de resíduos	Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
270	40.500 kg	24.300 kg	12.150 kg	8254 kg	2.025 kg
	31m ³	18,6 m ³	9,3 m ³	6,34m ³	1,55m ³

Fonte: Autores (2021)

4.4 Estimativas de custo por cenário:

Cenário 1:

Todos os resíduos produzidos na obra são armazenados na caçamba estacionária. A Tabela 5 exibe a quantidade de caçambas e os custos com o dispositivo de coleta.

Tabela 5– Quantidade de caçambas e custo

Capacidade de caçamba (m ³)	Quantidade de resíduos (m ³)	Número necessário de caçambas	Valor da caçamba (R\$)	Custo total (R\$)
5	31	7	150	1050

Fonte: ELITE CONSTRUÇÕES (2021)

A estimativa do custo para aquisição de agregado miúdo para o reboco da obra, através do sistema Orse (2021), é de R\$90,00/m³, totalizando para a obra um custo de R\$1548,00. Retomando a equação 1 da metodologia, tem-se um custo total de:

- $Custo_{cenário\ 1} = CAC + CAV$ Eq. [1]
- $Custo_{cenário\ 1} = 1050,00 + 1548,00$
- $Custo_{cenário\ 1} = R\$ 2598,00$

Cenário 2

Os resíduos da classe A são destinados a central de produção de agregados dos resíduos, transformados pelo britador para serem reaproveitados como agregado miúdo. A partir da equação 3, exibida na metodologia, tem-se uma estimativa de volume de areia necessária para o reboco da obra:



$$V_{\text{areia reciclada}} = A_{\text{reboco}} \times e_{\text{reboco}} \times C_{\text{areia}} \quad \text{Eq. [3]}$$

$$V_{\text{areia reciclada}} = 687 \times 0,025 \times 1500$$

$$V_{\text{areia reciclada}} = 26 \text{ m}^3$$

De acordo com as estimativas, totaliza-se um volume de 26 m³ de agregado para o reboco das paredes da construção, porém o volume produzido de resíduos da classe A para a britagem é de 18,6 m³. Abaixo, os custos para britagem dos resíduos da classe A, na Tabela 6.

Tabela 6- Custo de britagem resíduo para classe A

Custo por tonelada (R\$)	Resíduo classe A em peso (Tonelada)	Peso destinado ao britador (Tonelada)	Custo de britagem na obra (R\$)
10,00	24,3	24,3	243,00

Disponível em: (Maquina solo, 2021); Autores (2021)

Para suprir a escassez de agregado miúdo é necessária a compra de 7,4 m³ de areia. Através do sistema Orse (2021), o custo de agregado miúdo é de R\$90,00/m³. A Tabela 7, a seguir, exibe a estimativa de custo na compra de agregado miúdo.

Tabela 7- Custo de agregado miúdo para a obra

Custo por m ³ (R\$)	Resíduo classe A produzido (M ³)	Volume de agregado necessário (M ³)	Custo para a obra (R\$)
90,00	18,6	7,4	720

Disponível em: (Orse, 2021); Autores (2021)

A estimativa do custo para aquisição de agregado miúdo para o reboco da obra, através do sistema Orse (2021) para a obra totalizou um custo de R\$720,00.

Levando em consideração que a Conama exige o acondicionamento e destinação correta dos RCCs, tem-se:

- Classe B, os resíduos serão armazenados em big bag e será coletado pela cooperativa de catadores por isso não terá custo com destinação;
- Classe C, os RCCs dessa classe possuem características semelhantes aos resíduos domésticos, sendo dispostos no passeio da obra, e coletados pela Prefeitura.
- Classe D, os RCCs terão armazenamento em caixa Brooks, e destino para aterro Sustentare, por serem resíduos perigosos, assim terá o custo com dispositivo de coleta e transporte, que já está incluso.

A tabela 8 exibe a estimativa de custo para acondicionamentos dos resíduos das classes B e C em big bag, com capacidade de 1000 quilos.



Tabela 8 – Estimativa de custo para acondicionamentos dos resíduos das classes B e C

Classe	Quantidade total de resíduos (Kgs)	Quantidade de bags	Custo (R\$)
B	12140	13	260
C	8254	9	180
Total	20394	22	440

Fonte: MFRURAL (2021)

A estimativa de custo com os resíduos classe D, com caixa Brooks e transporte adequado, é de R\$ 150,00.

Retomando a equação 3, todos os custos do cenário 2, podem ser resumidos a seguir:

$$\text{Custo}_{\text{cenário 2}} = \text{CAC} + \text{CAB} + \text{CCC} + \text{CDD} + \text{CAV} \quad \text{Eq. [3]}$$

$$\text{Custo}_{\text{cenário 2}} = 0 + 230,00 + 440 + 150 + 720$$

$$\text{Custo}_{\text{cenário 2}} = \text{R\$ } 1540,00 \text{ reais}$$

4.5 Estimativa de benefícios por cenário:

- **Cenário 1:** Benefício é nulo
- **Cenário 2:** A Tabela 9, exibe o benefício social para a cooperativa com a venda de resíduos classe B

Tabela 9- Benefícios com a venda de resíduos classe B

Papelão (R\$)	Papel (R\$)	Plástico (R\$)	Vidro (R\$)	Metal (R\$)	Total (R\$)
97,60	155,87	135,20	8,30	94,70	491,67

Fonte: Autores (2021)

Dessa forma o benefício social VVR é de R\$ 491,67 reais.

4.6 Comparativo entre os cenários:

Com base no panorama apresentado a partir dos cenários 1 e 2 mostrou a influência positiva do uso das tecnologias de gerenciamento e boas práticas em sustentabilidade, no que se refere à redução dos custos gerados pelos resíduos dentro do canteiro, trouxe resultados sob a forma de estimativas, permitindo que os efeitos entre os mesmos pudessem ser bem visualizados e comparados. Dessa forma, os fatores predominantes que causaram mais impacto na redução dos custos foi o agregado miúdo, com custo de R\$ 1548,00 e o benefício social encontrado de R\$ 491,67. Entretanto existiram algumas deficiências nos resultados encontrados, como o valor da britagem que pode estar subestimado, por falta de dados. A destinação dos resíduos classe D também pode estar subestimado, devido ao local adequado para a disposição de resíduos perigosos é o CTR- Centro de tratamento de resíduos, que não ouve retorno dos seus representantes.



A Figura 9 apresenta os resultados dos comparativos e benefícios entre os cenários.

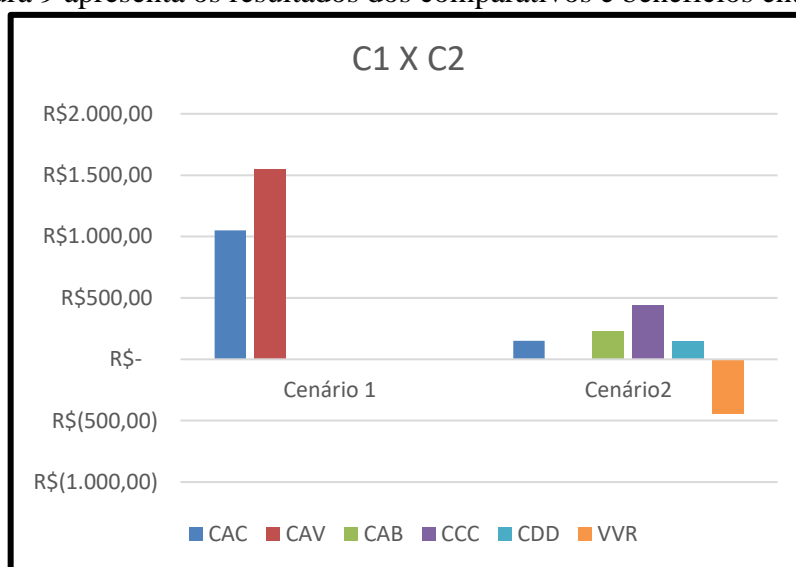


Figura 9 – Comparativo e benefício do cenário 2
Fonte: Autores (2021)

5. Conclusões

A Implantação de um PGRCC para gerir os resíduos comprovou, quantitativamente e qualitativamente, que a implantação é benéfica para o empreendedor e para o meio ambiente, dessa forma, com a implantação do PGRCC houve uma redução dos custos com a utilização dos resíduos classe A na obra. Determinou-se uma economia de R\$ 828,00 em agregado miúdo para o empreendimento sendo o fator mais relevante no custo, além do benefício social de R\$ 492,00.

7. Referências bibliográficas

ANGULO, S. C.; JOHN, V. M. **Variabilidade dos agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados**. e-Mat – Revista de Ciência e Tecnologia de Materiais de Construção Civil. Vol. 1, n.1, p. 22-32, maio 2004. Disponível em: < <http://www.emat.info/e-MAT-V1-N1/e-MAT-V1-N1-p22-32.pdf>>. Acesso em: 09 fevereiro. 2021.

BIGOLIN, M. **Indicadores de desempenho para blocos de concreto**: uma análise de requisitos mais sustentáveis para a produção a partir de RCD Porto Alegre, Rio Grande do Sul, RS. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul. 163p., 2013. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/94733> Acesso em: 09 fevereiro. 2021.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS 2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

BRASIL, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE –CONAMA. **Resolução no 307, de 05 de julho de 2002.** Disponível em: https://www.unifesp.br/CONAMA_RES_CONS_2002_307.pdf. Acesso em 14 dez. 2020.

ELITE CONSTRUÇÕES. **Estudo de Caso sobre Gestão de Resíduos.** 2021.

FREITAS, Isabela M. **Os Resíduos de Construção Civil no município de Araraquara/SP.** 2009. Disponível em <https://www.livrosgratis.com.br/ler-livro-online-132241/os-residuos-de-construcao-civil-no-municipio-de-araraquarasp> . Acesso em: 23 fevereiro. 2021.

KARPINSKI, Luisete Andreis et al. **Gestão diferenciada de resíduos da construção civil: uma abordagem ambiental.** Porto Alegre: Edipucrs, 2009. Disponível em: <<https://www.yumpu.com/pt/document/read/14256069/gestao-diferenciada-de-residuos-da-construcao-civil-uma-pucrs> > Acesso em : 14 dez. 2020.

MAQUINASOLO. **Britador de entulho.** Disponível em: <https://maquinasolo.com.br/britador-de-entulho/> Acesso em: 5 março. 2021.

MFRURAL. **Bigbags.** Disponível em: <https://www.mfrural.com.br/detalhe/400848/big-bags> Acesso em: 20 março. 2021.

ORSE. **Areia.** Disponível em: <http://orse.cehop.se.gov.br/insumosarvore.asp> Acesso em: 26 fevereiro. 2021

PINTO, T. P. (Coord.) **Gestão ambiental de resíduos da construção civil: a experiência do Sinduscon-SP,** São Paulo: obra Limpa: I&T: Sinduscon-SP, 2005. Disponível em: http://www.gerenciamento.ufba.br/Downloads/Manual_Residuos_Solidos.pdf. Acesso em : 14 dez. 2020.

ROTH, C. G.; GARCIAS, C. M. **A influência dos padrões de consumo na geração de resíduos sólidos dentro do sistema urbano.** REDES, Santa Cruz do Sul, v. 13, n. 3, p. 5-13, set/dez. 2009. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1983-41952012000200004&script=sci_abstract&tlng=pt

SINDUSCON-PR. **Gestão ambiental de resíduos da construção civil: a experiência do Sinduscon-PR.** Paraná, PR, 2008. Disponível em: <https://sindusconpr.com.br/projeto-simplificado-de-gerenciamento-de-residuos-da-construcao-civil-415-p> . Acesso em: 20 fev. 2021.

SUSTENTARI. **Impactos ambientais.** Disponível em: <https://sustentarqui.com.br/impactos-ambientais-da-construcao-civil/> Acesso em: 16 abril. 2021