

ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE CENTRAL DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM JOINVILLE/SC

DUMKE JUNIOR, Aldo Augusto ¹
VIEIRA, Giovane Souza ²
CAMPOS, Msc. Guilherme de Luca ³

RESUMO

A indústria da construção civil é uma das principais atividades econômicas no país, em decorrência disto, também é um dos maiores responsáveis pela exploração natural e geração de resíduos sólidos. Diante deste cenário as autoridades da CONAMA editaram a resolução nº 307, para definir normas e diretrizes sobre o acondicionamento, o transporte, a destinação e o tratamento dos resíduos sólidos da construção civil. Com a crescente realização de fiscalizações por meio dos órgãos ambientais municipais, descobriu-se que grande parte dos resíduos são descartados em locais que não possuem as devidas autorizações emitidas pelos órgãos competentes. Esse trabalho visa analisar a viabilidade econômica de uma central de reciclagem de resíduos da construção civil na cidade de Joinville/SC. Para tal foram realizadas pesquisas de referencial teórico, levantamento de dados sobre as metragens autorizadas de novas construções, volume de geração de resíduos dessas obras, dimensionamento da central de resíduos e análise de viabilidade. Os resultados obtidos revelam que é viável a implantação de uma central de resíduos da construção civil e o retorno do investimento ficou em 7 anos.

Palavras-chave: Resíduos da Construção Civil; Central de Reciclagem; Viabilidade Econômica.

1 INTRODUÇÃO

Conforme CONAMA (2002) a resolução nº 307 visa implementar as diretrizes para a efetiva redução dos impactos ambientais gerados pelos resíduos oriundos da construção civil, combater a disposição dos resíduos em locais inadequados que contribui para a degradação da qualidade ambiental. Também estabelece normas e diretrizes sobre o acondicionamento, o transporte, a destinação e o tratamento dos

¹Graduando do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário UNISOCIESC, junior.dumke@hotmail.com; ²Graduando do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário UNISOCIESC, giovanesvieira@hotmail.com; ³Professor orientador: M.e em Engenharia Civil pela Universidade de Pernambuco, Centro Universitário UNISOCIESC, ecti.engenharia@gmail.com

resíduos sólidos da construção civil. Essa resolução determina que os municípios desenvolvam Planos Municipais de Gestão de Resíduos da Construção Civil, realizando o cadastramento de áreas, públicas ou privadas, aptas para recebimento, triagem, armazenamento e disposição final do resíduo.

O setor da construção civil gera em toda sua cadeia produtiva um elevado volume de resíduos sólidos. O problema do volume gerado pelo desperdício na execução das obras é agravado pela falta de disposição correta desses resíduos, isso ocorre em obras de empreendimentos particulares, de interesse comercial ou público (MANFRINATO et.al., 2008).

Sendo a construção civil uma das principais atividades econômicas do país, a utilização excessiva dos recursos naturais tende a causar escassez e extinção das fontes e jazidas de minério, provocando alterações irreversíveis na flora e fauna do entorno destes locais de exploração (DEGANI, 2003).

A criação de locais específicos para a reciclagem de resíduos da construção civil é relativamente recente no Brasil, a reutilização destes materiais podem gerar inúmeros benefícios, como redução do consumo de matérias primas e insumos energéticos; redução de áreas necessárias para aterro; e aumento de vida útil daqueles aterros que estão em operação (SÃO PAULO, 2014).

Segundo John (2000), a viabilidade econômica da reciclagem dos resíduos da construção civil está vinculada ao volume da geração. É possível imaginar situações em que a redução dos resíduos resulte em um impacto ambiental maior do que o benefício correspondente. Assim, é necessário fazer análise de cada ação a ser tomada para minimizar os impactos para cada tipo e para cada fase das obras.

O objetivo deste artigo foi verificar a viabilidade econômica para implantação de central de reciclagem de resíduos da construção civil. Para tal, foi realizado levantamento de volume de resíduos gerados, elaboração de preço de venda do material beneficiado e verificação do prazo de retorno do investimento.

Este estudo é justificado pelo impacto evidente causado pela disposição dos resíduos da construção civil no meio ambiente. Sendo assim uma alternativa para prevenir e minimizar os impactos causados com a disposição inadequada deste tipo de resíduo, além de tornar possível sua comercialização.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo é apresentada a literatura referente a resíduos sólidos, suas normas e legislação nacional e municipal.

2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS

Em 1987 foi estabelecida a norma que classifica os resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, quanto a sua periculosidade, a forma de manuseio e a destinação adequada para os resíduos sólidos (ABNT, 1987). Essa norma foi atualizada em 2004 e a resolução CONAMA nº307 de 2002 estabeleceu os procedimentos que envolvem os resíduos da construção civil.

Segundo a norma NBR 10.004, os resíduos sólidos são os resíduos no estado sólido e semi-sólido, que são gerados por atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços, de varrição, os resíduos provenientes de tratamento de água e de controle de poluição (ABNT, 2004). Ela também estabelece a classificação quanto a sua origem, seus constituintes e características, sendo divididos entre Perigosos; Não perigosos; Não inertes e Inertes.

2.1.1 Legislação

A Política Nacional de Resíduos Sólidos foi criada com a Lei nº12.305 de 2010, para estabelecer a redução na geração de resíduos, hábitos de consumo sustentável, aumento da reciclagem, da reutilização dos resíduos sólidos e o descarte adequado dos rejeitos. Estabeleceu também a responsabilidade compartilhada entre fabricantes, comerciantes, consumidor e o serviço de coleta, tratamento e destinação do resíduo e tinha como meta para os primeiros cinco anos, reciclar 20% dos resíduos gerados (BRASIL, 2010).

2.1.2 Resolução CONAMA Nº307/2002

O crescente impacto ambiental gerado pelo descarte irregular de resíduos da construção civil, fez com que o Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA –

publicasse a Resolução nº 307 de 5 de julho de 2002. Essa resolução considerou a necessidade de implantação de diretrizes para a efetiva redução dos impactos ambientais gerados pelos resíduos oriundos da construção civil; o descarte em locais inadequados contribui para a degradação da qualidade ambiental; que os resíduos da construção civil representam um significativo percentual dos resíduos sólidos produzidos nas áreas urbanas; que os geradores de resíduos provenientes de reformas, reparos, demolições de estruturas, estradas, bem como por aqueles resultantes da remoção de vegetação e escavação de solos devem ser responsáveis, o pelo uso de materiais provenientes da reciclagem de resíduos da construção civil (CONAMA, 2002).

Os municípios devem desenvolver Planos Municipais de Gestão de Resíduos da Construção Civil, nos planos devem constar as diretrizes técnicas e procedimentos para o exercício das responsabilidades dos pequenos e grandes geradores de resíduos. Fazer o cadastramento de áreas, públicas ou privadas, aptas para recebimento, triagem e armazenamento temporário de pequenos volumes, e o estabelecimento de processos de licenciamento para as áreas de beneficiamento e reservação de resíduos e de disposição final de rejeitos, fiscalização para coibir o descarte em áreas não licenciadas, o cadastramento de transportadores (CONAMA, 2002).

Foi definida a classificação dos resíduos da construção civil por classe, como classe A, B, C e D. Essa classificação foi atualizada pelas resoluções 348/2004, 431/2011 e 469/2015. Sendo a resolução nº307/2002 atualizada pela nº448/2012.

2.1.3 Legislação do Município de Joinville

O Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos foi elaborado para atender a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007 e também a Lei Federal nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, assim como o Decreto nº 7.404 e 7.405, ambos de 23 de dezembro de 2010. O Município de Joinville elaborou no ano de 2012 o seu Plano, com objetivo de promover a sustentabilidade econômica das operações de resíduos sólidos, preservar o meio ambiente, preservar a qualidade de vida da população, de incentivar à indústria de reciclagem, tendo em vista fomentar o uso de matérias-primas e insumos derivados de materiais recicláveis e reciclados; de apresentar diretrizes relativas à

gestão integrada dos resíduos sólidos, que nortearão o Poder Público Municipal na responsabilização dos geradores e do Poder Público (JOINVILLE, 2013).

De acordo com JOINVILLE (2013) o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos deve ser acompanhado, monitorado e fiscalizado constantemente, deverá sofrer ajustes e reajustes em razão de eventuais mudanças conjunturais. Com a apresentação de relatórios com informações atuais e confiáveis, de modo a gerar indicadores e índices de todos os tipos de resíduos sólidos gerados.

2.2 RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

Este capítulo apresenta a literatura dos resíduos da construção civil no Brasil, sua classificação, coleta, transporte e destinação.

2.2.1 Definição

Os resíduos da construção civil são provenientes de reformas, reparos e demolições de obras, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, como solos, rochas, pavimento asfáltico, tubulações etc. (CONAMA, 2002).

2.2.2 Classificação dos Resíduos

Segundo a NBR 10.004 (2004, p. 5), os resíduos sólidos da construção civil podem ser classificados como Resíduos Classe II B – Inertes. Quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a ABNT NBR 10007, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

Conforme a CONAMA (2015) os resíduos da construção civil são classificados como: I - Classe A: que são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregado, separados como a) de construção, demolição, reformas e de solos de sobra de terraplanagem; b) de componentes cerâmicos como tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento, argamassa e concreto; c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto como blocos, tubos, meio-fio, produzidos nos canteiros de obras; II - Classe B - são os para

outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros; III - Classe C - são os quais não foram desenvolvidas tecnologias que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso; IV - Classe D: são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto.

2.2.3 Coleta e Transporte

Os Geradores de resíduos da construção civil são pessoas físicas ou jurídicas, públicas ou privadas, responsáveis por atividades que gerem resíduos e os transportadores são as pessoas físicas ou jurídicas, encarregadas da coleta e do transporte dos resíduos entre as fontes geradoras e as áreas de destinação (CONAMA, 2002).

Segundo BRASIL (2020) a movimentação de resíduos sólidos no Brasil pelos geradores deverá ser registrada no Manifesto de Transporte de Resíduos, devendo o gerador, o transportador, o armazenador temporário e o destinador confirmarem ao logo do processo a efetivação das ações até a destinação final ambientalmente adequada.

Em obras de pequeno e médio porte da construção civil, os resíduos são em sua maioria transportados por caçambas metálicas estacionárias, conforme figura 1, quando necessário à movimentação de grandes volumes ou remoção de solo, são utilizados caminhões caçamba basculante.

Figura 1 – Caçamba estacionária



Fonte: CAL LEVE (2020)

2.2.4 Destinação

Na maioria dos municípios de médio e grande porte existem locais para o descarte dos resíduos da construção e demolição, os aterros de inertes podem ser apenas para o descarte de solos, sendo em áreas privadas com o intuito da regularização do terreno para conquistar valorização, ou em locais próprios para os resíduos serem reciclados. O licenciamento de áreas para o descarte dos resíduos pela administração pública se faz necessária pelo fato das leis federais e pelas Leis Orgânicas Municipais, prever como competência das municipalidades a definição do destino dos resíduos municipais (PINTO, 1999).

2.3 RECICLAGEM

“A reciclagem é o processo de aproveitamento de um resíduo, após ter sido submetido à transformação” (ABNT, 2004, p. 2).

O resíduo da construção civil vindo já separado da fonte geradora favorece muito a reciclagem e é indispensável para a obtenção de reciclados com melhor qualidade. Pois ajuda nas condicionantes do processo de reciclagem que é a necessidade de gerar produtos homogêneos e de características adequadas, a partir de resíduos heterogêneos e de origem bastante diversificada (FERREIRA; MOREIRA, 2013).

2.3.1 Processo de Beneficiamento

No Brasil as usinas de reciclagem realizam a classificação dos resíduos em duas classes de acordo com a sua cor: cinza, visualmente identificado por materiais cimentícios, e vermelho, visualmente identificado por materiais de cerâmica vermelha. Essa classificação não tem critério tecnológico, e sim a tendência de aplicação do resíduo, o agregado cinza, em tese, poderia ser utilizado em componentes pré-fabricados à base de cimento, como blocos, calçamentos e bases de pavimentação, enquanto o vermelho está restrito somente a bases de pavimentação (ÂNGULO *et al.*, 2010).

2.3.2 Equipamentos para Beneficiamento

Segundo Rocha (2006) os equipamentos utilizados no processo de beneficiamento dos resíduos da construção civil são os mesmos utilizados na mineração, sendo eles: pá carregadeira, alimentador vibratório, britador, eletroímã para separação das ferragens, peneiras, mecanismos transportadores, balança e, eventualmente, sistemas para eliminação de contaminantes. Com relação aos equipamentos de trituração, é comum se empregar um dos seguintes tipos: britadores de impacto e britadores de mandíbula, sendo estes mais indicados na produção de agregados para concretos.

2.3.3 Classificação e Propriedades dos Resíduos Beneficiados

Os agregados reciclados apresentam características próprias, abaixo será apresentado o quadro 1 com suas características e usos recomendados.

Quadro 1 – Agregados reciclados e suas aplicações

Imagem	Produto	Características	Uso recomendado
	Areia reciclada	Material com dimensão máxima característica inferior a 4,8 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.	Argamassas de assentamento de alvenaria de vedação, contrapisos, solo-cimento, blocos e tijolos de vedação.
	Pedrisco reciclado	Material com dimensão máxima característica de 6,3 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.	Fabricação de artefatos de concreto, como blocos de vedação, pisos intertravados, manilhas de esgoto, entre outros.
	Brita reciclada	Material com dimensão máxima característica inferior a 39 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.	Fabricação de concretos não estruturais e obras de drenagens.
	Bica corrida	Material proveniente da reciclagem de resíduos da construção civil, livre de impurezas, com dimensão máxima característica de 63 mm (ou a critério do cliente).	Obras de base e sub-base de pavimentos, reforço e subleito de pavimentos, além de regularização de vias não pavimentadas, aterros e acerto topográfico de terrenos.
	Rachão	Material com dimensão máxima característica inferior a 150 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.	Obras de pavimentação, drenagens e terraplenagem.

Fonte: ABRECON (2016)

2.4 CUSTO DE IMPLANTAÇÃO DE CENTRAL DE RESÍDUOS

Para a realização de um projeto de viabilidade, basicamente devesse definir os custos e benefícios do empreendimento, quantificando a vida útil do projeto. O alcance é o tempo que o projeto de acordo com a durabilidade dos seus equipamentos durará e conseguirá pagar os investimentos iniciais e a partir de um momento obter lucratividade, pois, este é o objetivo de todo empreendimento, e o estudo de viabilidade econômica e financeira que o meio de verificar essa possibilidade (SOBRAL, 2012).

2.4.1 Custo de Implantação

Conforme Santos (2014) o custo está relacionado à aquisição do terreno, que deve estar localizado próximo dos geradores de resíduos e também das áreas de descarte dos materiais que precisem de tratamento específico, equipamentos, estruturação das construções e área para triagem e transbordo. Os projetos e taxas de licenciamento ambiental também devem ser considerados.

2.4.2 Custo de Operação e Manutenção

As despesas relacionadas com mão de obra destinada à operação das máquinas e equipamentos, diretamente ligados ao processo produtivo são classificados como custos variáveis. Enquanto os custos fixos são relacionados com mão de obra técnica e administrativa, propaganda, vendas, seguro (SOBRAL, 2012).

2.4.3 Dimensionamento da Central

Segundo a NBR 15.114 (2004) os projetos para área de reciclagem de resíduos da construção civil devem constar o Projeto básico, a responsabilidade e autoria do projeto, as condições de operação, recebimento, triagem e processamento de resíduos, controle de poluição ambiental no processamento de resíduos e procedimentos para controle e registro da operação. E as áreas para instalação devem seguir alguns procedimentos como, critérios para localização, isolamento e sinalização, acessos iluminação e energia, proteção das águas superficiais e preparo da área de operação.

Os dados referentes ao volume dos resíduos domiciliares são disponibilizados com maior frequência e exatidão pelas empresas concessionárias ou prefeituras, ao contrario dos resíduos da construção civil que é necessário fazer um levantamento por estimativa, para atingir uma estimativa segura é sugerido é somar três indicadores:

- A quantidade de resíduos oriundos de edificações novas construídas na cidade, num determinado período de tempo (dois anos, por exemplo); utilizam-se os registros da prefeitura municipal relacionados à aprovação de projetos de edificação (alvarás de construção), com a área construída correspondente.
- A quantidade de resíduos provenientes de reformas, ampliações e demolições removidas no mesmo período de tempo; informações obtidas dos agentes coletores, principalmente aqueles organizados na forma de empresas que atuam na cidade.
- A quantidade de resíduos removidos de deposições irregulares pela municipalidade, igualmente no mesmo período (PINTO; GONZÁLEZ, 2005).

3 METODOLOGIA

Na metodologia serão apresentados os métodos necessários para análise da viabilidade econômica da implantação da central de reciclagem de resíduos da construção civil em Joinville/SC.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Para fundamentação do tema foi realizado pesquisas em livros, dissertações e normas para fundamentar o referencial teórico, posteriormente foram feitos levantamentos quantitativos dos dados referentes aos volumes de geração dos resíduos, para dimensionamento da usina.

3.2 AMBIENTE DA PESQUISA

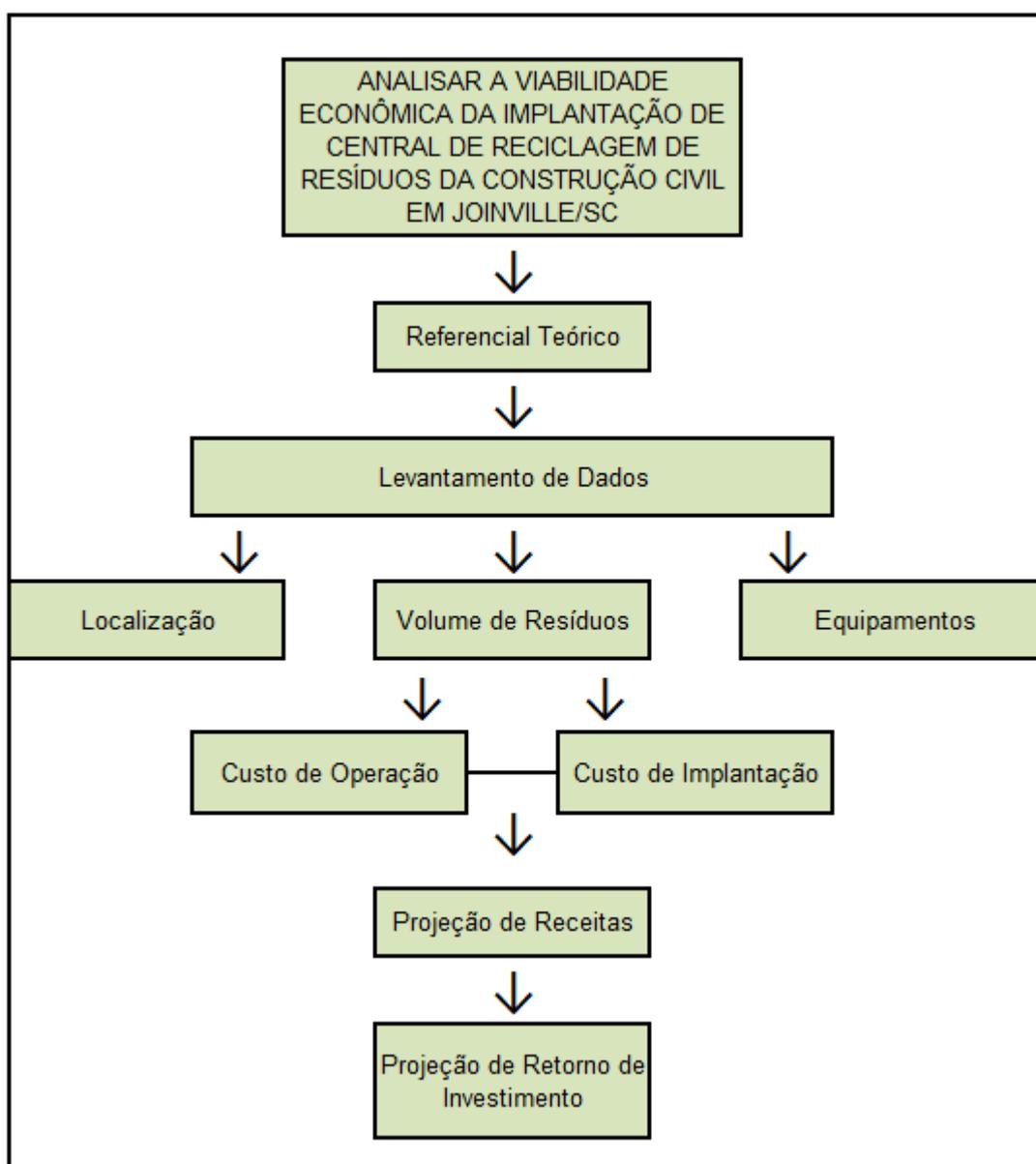
O levantamento dos dados foi realizado sobre os alvarás de construção aprovados em 2017, 2018, 2019 e 2020 pela Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente da cidade de Joinville, localizada no norte do estado de Santa Catarina, região sul do Brasil, sendo a maior cidade do estado com uma população de 597.658

mil habitantes. Nos últimos cinco anos a população da cidade cresceu 1,19 % em média (IBGE, 2020).

3.3 ETAPAS DA PESQUISA

O fluxograma da figura 2 abaixo apresentará os itens que foram abordados na verificação da viabilidade da central de resíduos.

Figura 2– Fluxograma da pesquisa



Fonte: O autor (2021).

3.4 LOCALIZAÇÃO DA CENTRAL DE RECICLAGEM

Para escolha do terreno foi levado em consideração a sua metragem quadrada, zoneamento, topografia, vias de acesso e locais de descarte de materiais contaminados.

3.5 VOLUME DE RESÍDUOS GERADOS NA CIDADE DE JOINVILLE

O volume dos resíduos gerados pela construção civil foi calculado a partir da metragem quadrada dos alvarás de construção liberados por ano, os dados foram fornecidos pelo Sindicato da Indústria da Construção Civil de Joinville. Como as construções podem levar anos para serem finalizadas, foi feito uma média dos últimos quatro anos para ter um valor mais aproximado.

Também existem os resíduos gerados pelas reformas e escavações de solos, entretanto é difícil de mensurar a quantidade de resíduos gerados pelas reformas por serem feitas sem as devidas autorizações e também realizarem o descarte em local inadequado e com transportador não regulamentado. As escavações de solos acabam sendo destinadas para aterros que tem como característica a regularização do terreno.

3.6 EQUIPAMENTOS

A escolha do modelo de britador levou em conta a sua capacidade de trabalho, medido em toneladas por hora, somado com o custo de instalação. Também foi necessário comprar uma retro escavadeira com rompedor, um caminhão basculante e uma balança para pesar os caminhões na entrada e saída da central.

Os orçamentos para aquisição dos equipamentos foram feitos em empresas especializadas na venda de equipamentos usados de mineração.

3.7 CUSTO DE IMPLANTAÇÃO

Nos custos de implantação foram considerados os valores de aquisição dos equipamentos, das obras de construção de escritório e galpão para guarda dos equipamentos e manuseio de resíduos, mobiliário, projetos e taxas ambientais.

O custo para as construções foi definido conforme o valor do CUB que é atualizado mensalmente. Os projetos e taxas ambientais foram orçados com empresas especializadas em licenciamento ambiental.

3.8 CUSTO DE OPERAÇÃO

O custo operacional é composto pelas despesas com salários e encargos dos funcionários, do aluguel do terreno, das manutenções dos equipamentos, combustível, energia elétrica, água e taxas urbanas. A quantidade de funcionários foi definida conforme a capacidade de operação da central, as demais taxas são consultadas nas concessionárias específicas.

3.9 PROJEÇÃO DE RECEITAS

A projeção de receitas foi baseada no período de operação da central, sendo 8 horas por dia e 20 dias por mês. O imposto do Simples Nacional de 10,70% foi o escolhido para cálculo sobre a receita bruta para chegar à receita líquida aproximada.

Para definição dos preços de cobrança para recebimento do material que é descartado e de venda dos materiais, foi realizada pesquisa na empresa Terraplenagem Medeiros na cidade de Joinville e na Associação de Reciclagem de Resíduos Domésticos e Transformação de Resíduos Industriais e da Construção Civil localizada na cidade de Araquari.

3.10 PROJEÇÃO DE RETORNO DE INVESTIMENTO

A projeção de retorno de investimento foi feita com base na projeção de receita, custo de operação e no custo de implantação. Para assim definir o prazo de retorno do investimento.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com o levantamento dos dados de geração dos resíduos foi possível dimensionar o tamanho na central, os equipamentos necessários para operação e

realizar uma projeção de retorno do investimento. Neste capítulo apresenta-se os resultados encontrados.

4.1 LOCALIZAÇÃO DA CENTRAL DE RECICLAGEM

O terreno escolhido está localizado na zona norte da cidade e possui 110.932,39 mil metros quadrados, porém a metragem inicial alugada é de 33.834,46 mil metros quadrados, onde é possível receber e beneficiar o volume de 20 toneladas por hora, tendo assim a possibilidade de alugar mais metragem do terreno para ampliação da usina no futuro. Segue figura 3 com a imagem do imóvel.

Figura 3 – Terreno



Fonte: Google Maps (2021).

Estando próximo do aterro sanitário municipal e de um aterro de resíduos contaminados, possibilita assim o descarte dos resíduos que não possam ser beneficiados, como lixo doméstico, ou que estejam contaminados, com óleo, graxa ou tintas.

4.2 VOLUME DE RESÍDUOS GERADOS NA CIDADE

Utilizando os dados dos últimos 4 anos das metragens dos alvarás de construção e a taxa de geração de resíduos de construção na ordem de 150 quilos por metro quadrado construído. Apresentaremos na tabela 1 as informações com os levantamentos dos volumes.

Tabela 1 - Licenças para construção e provável geração de resíduos em Joinville

Informações	2017	2018	2019	2020
Área licenciada para construção - m ² /ano (1)	723.891,00	678.566,00	647.232,00	1.006.748,00
Taxa de geração de resíduos - 0,15t/m ² (2)	0,15	0,15	0,15	0,15
Provável geração anual de resíduos - t/ano	108.583,65	101.784,90	97.084,80	151.012,20
População (3)	577.077	583.144	590.466	590.466
Provável geração diária de resíduos - t/dia (4)	452,43	424,10	404,52	629,22

(1) Informação Sindicato da Indústria da Construção Civil de Joinville (2021);

(2) Taxa de geração usada por PINTO (1999);

(3) Dados senso do IBGE (2020);

(4) Considerado 20 dias úteis por mês

Fonte: O Autor (2021).

Conforme tabela acima o valor médio dos últimos 4 anos de resíduos sólidos gerados pela construção civil em obras novas é de 477,57 t/dia.

4.3 EQUIPAMENTOS

Realizou-se a simulação de compra de um britador móvel com capacidade de até 40 toneladas por hora, mesmo tendo um custo mais elevado de compra, para sua instalação não há necessidade de grandes obras de infraestrutura e futuramente pode ser movimentado a baixo custo. Abaixo apresentamos a tabela 2 com os custos dos equipamentos e instalação.

Tabela 2 - Custo de aquisição e instalação dos equipamentos	
Equipamentos	Valor (R\$)
Britador Móvel FAÇO 6240 Contendo:	
1 - alimentador modelo 27070	
1 - britador mandíbulas	
1 - britador cônico modelo 60-S	
1 - peneira vibratória 3 mt / 3decks	
1 - conjunto Correias TC 24" - 8 Mt	515.000,00
1 - conjunto Correias TC 20" - 7 Mt	
3 - conjunto Correias TC 16" - 15 Mt	
1 - Carreta reforçada com as estruturas da britagem	
1 - quadro Elétrico	
1 - Retro Escavadeira com Rompedor	120.000,00
1 - Caminhão Basculante 12 m ³	80.000,00
1 - Balança 50 toneladas	70.000,00
Instalações elétricas	10.000,00
Instalações mecânicas	12.000,00
TOTAL	807.000,00

Fonte: O Autor (2021).

Mesmo o britador custando 64% de todo o investimento em equipamentos, esse valor é necessário para que numa futura ampliação, não haja a necessidade de mudanças na planta da central e custos com a substituição do britador. A retro escavadeira tem um rompedor hidráulico para quebrar concretos que não cabem no britador, o caminhão basculante vai ser utilizado para transporte interno dos materiais.

O britador móvel será apresentado na figura 4 abaixo.

Figura 4 – Britador móvel FAÇO 6240



Fonte: Blogger (2021)

4.4 CUSTO DE IMPLANTAÇÃO

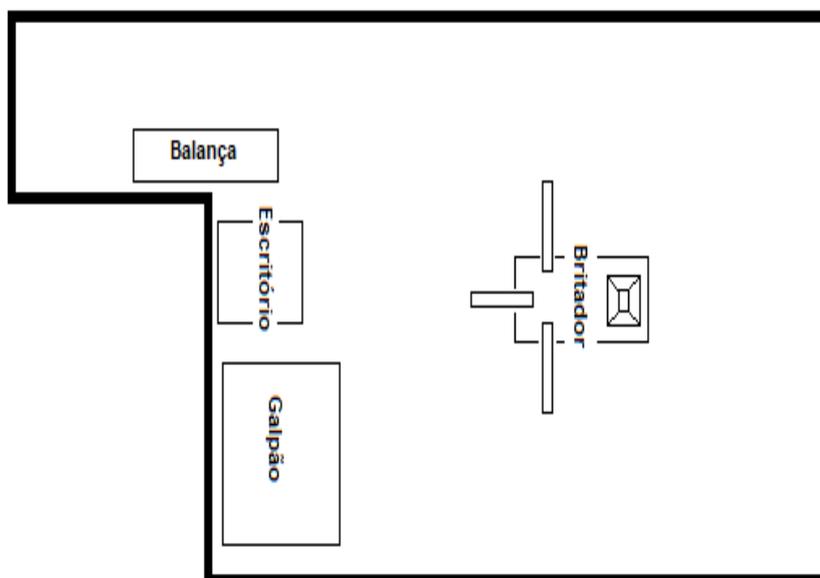
Na tabela 3 constam os itens e valores de aquisição e serviços para implantação da central de reciclagem.

Itens	Valor (R\$)
Equipamentos	807.000,00
Construções	220.000,00
Mobiliário	8.000,00
Projetos e Licenças Ambientais	145.000,00
Terraplenagem	50.000,00
TOTAL	1.230.000,00

Fonte: O Autor (2021).

O maior custo de investimento são os equipamentos, em segundo lugar as construções do escritório e do galpão, que tiveram como base de custo o CUB de Santa Catarina, seguido dos projetos e licenças ambientais e terraplenagem. Na figura 5 apresentamos o croqui da planta da usina de reciclagem.

Figura 5 – Croqui da planta da usina de reciclagem



Fonte: O autor (2021)

A licença emitida pela Prefeitura de Joinville para realização de terraplanagem é apresentada na figura 6.

Figura 6 – Alvará de Terraplanagem



 **Prefeitura de Joinville**

ALVARÁ DE TERRAPLANAGEM SEI N° 9175696/2021 - SAMA.UAT.ATE

Joinville, 11 de maio de 2021.

LICENÇA DE REGULARIZAÇÃO DE TERRAPLANAGEM

Validade: 06 (seis) meses

1 - Dados do Imóvel

Processo: SEI n° 18.0.144808-3

Interessado:

CPF:

Endereço da obra: Rua Dorothóvio do Nascimento, n° 1083, Jardim Sofia

Matrícula do imóvel: 144.584 - 1° Registro de Imóveis de Joinville SEI n° 2810067 - Autorizações docs. n° 3954600 e n° 6566870

Área total do imóvel: 110.932,39 m²

Inscrição Imobiliária: 12.00.44.40.2337

Área autorizada de acordo com projeto: 33.834,46 m²

Fonte: O autor (2021)

4.5 CUSTO DE OPERAÇÃO

Para operação da usina foi necessário a simulação da contratação de sete funcionários, entre engenheiro civil, financeiro, operadores dos equipamentos e serviços gerais. Abaixo segue tabela 4 com a projeção do custo mensal e anual de operação.

Tabela 4 - Custos de operação

Despesas	Valor Mensal (R\$)	Valor Anual (R\$)
Salários e Encargos	35.750,00	429.000,00
Aluguel	9.000,00	108.000,00
Combustível	8.250,00	99.000,00
Manutenção	4.600,00	55.200,00
Energia Elétrica	3.400,00	40.800,00
Água	540,00	6.480,00
Taxas Urbanas	510,00	6.120,00
TOTAL	62.050,00	744.600,00

Fonte: O Autor (2021).

Os salários e os encargos são o maior custo da operação, seguido do aluguel do terreno e do combustível dos equipamentos. No custo de manutenção está incluso a depreciação dos equipamentos e a manutenção para operação.

4.6 PROJEÇÃO DE RECEITAS

O recebimento dos resíduos da construção civil também é uma operação que gera receita, o recebimento do material que é descartado da construção civil é cobrado por tonelada. Sendo necessário o recebimento de 160 toneladas dia para operação da central, esse valor é 34% do valor calculado de geração de resíduos por dia na cidade.

A central opera 8 horas por dia e 20 dias no mês, com capacidade operacional de 20 ton/h, fazendo assim a reciclagem de 3.200 toneladas por mês. Os materiais reciclados tem um peso médio de 1,6 toneladas por metro cúbico, gerando assim 2.000 metros cúbicos de material reciclado por mês. A projeção de receita com o recebimento e venda dos materiais é apresentado na tabela 5 abaixo.

Tabela 5 - Projeção de faturamento para 2.000 m³ / mês

Produto	%	m ³	R\$ - m ³	Vendas Mensal (R\$)	Vendas Anual (R\$)
Recebimento		2.000,00	6,00	12.000,00	144.000,00
Areia Média	27	540,00	28,00	15.120,00	181.440,00
Brita n. 2	19	380,00	40,00	15.200,00	182.400,00
Brita n. 3	22	440,00	38,00	16.720,00	200.640,00
Rachão	22	440,00	36,00	15.840,00	190.080,00
Não Reciclável	10				
Imposto Simples Nacional				-10,70%	-10,70%
TOTAL	100,00	1.800,00		66.867,84	802.414,08

Fonte: O Autor (2021).

No processo de britagem o agregado com maior percentual de transformação é a areia média com 27%, mais ela também tem o menor valor para venda por metro cúbico. A Brita n. 2 tem o maior valor de venda, mas apenas 19% do material vira essa brita. O material que não é possível beneficiar consiste em 10% do volume total.

A utilização dos agregados reciclados deve levar em conta as suas características, não sendo possível a substituição integral do agregado de jazidas naturais por um agregado reciclado.

4.7 PROJEÇÃO DE RETORNO DE INVESTIMENTO

A projeção de retorno de investimento levou em conta o custo, o faturamento e o lucro. Na tabela 6 a seguir é apresentada a projeção do retorno do investimento.

Tabela 6 - Retorno de Investimento

Ano	Custo (R\$)	Faturamento (R\$)	Lucro (R\$)	Investimento (R\$)
2021	744.600,00	802.414,08	57.814,08	-1.172.185,92
2022	804.168,00	906.727,91	102.559,91	-1.069.626,01
2023	868.501,44	1.024.602,54	156.101,10	-913.524,91
2024	964.036,60	1.168.046,89	204.010,30	-709.514,62
2025	1.070.080,62	1.331.573,46	261.492,84	-448.021,78
2026	1.187.789,49	1.517.993,74	330.204,25	-117.817,53
2027	1.318.446,34	1.730.512,87	412.066,53	294.249,00
TOTAL	6.957.622,49	8.481.871,49	1.524.249,00	

Fonte: O Autor (2021).

Utilizando o índice nacional de preços ao consumidor e o índice geral de preços mercado dos últimos três anos, o custo foi projetado com um aumento de 8% ao ano para os anos de 2021, 2022 e 2023 e de 11% ao ano para os anos de 2024, 2025, 2026 e 2027. O faturamento foi estipulado com um crescimento de 13% ao ano para os anos de 2021, 2022 e 2023 e 14% ao ano para os anos de 2024, 2025, 2026 e 2027.

Ficando assim a projeção de retorno do investimento em 7 anos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a realização da pesquisa sobre resíduos da construção civil no Brasil, chegou-se a compreensão que o processo urbanístico está sendo realizado de forma descoordenada, provocando assim uma degradação ambiental com as construções e o descarte incorreto dos resíduos.

A cidade de Joinville possui o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, porém, apenas uma empresa está credenciada para o recebimento de resíduos da construção civil, sendo assim, há necessidade de credenciamento de novas empresas na cidade.

A realização de parcerias com construtoras e transportadores, focando na separação dos materiais por classe e na utilização dos materiais reciclados nas obras, é de suma importância para o crescimento da central, pois a ela precisa receber os resíduos que serão britados e posteriormente vendidos.

Com o levantamento e análise dos dados foi possível verificar que há viabilidade econômica para instalação da central de reciclagem de resíduos da construção civil, e sua projeção de retorno do investimento ficou em 7 anos.

REFERÊNCIAS

ÂNGULO, S.C.; JOHN, V.M.; KAHN, H.; ULSEN, C. Composição química de agregados mistos de resíduos de construção e demolição do Estado de São Paulo. **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 63, n. 2, p. 339-346, abr./jun., 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 10.004: Resíduos sólidos**. Rio de Janeiro, 1987. Disponível em: <www.abnt.org.br>. Acesso em: 12 out. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 10.004: Resíduos sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <www.abnt.org.br>. Acesso em: 12 out. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO – ABRECON. **Entulho: Mercado**. São Paulo, 2016. Disponível em: <www.abrecon.org.br/entulho/mercado>. Acesso em: 15 out. 2020.

BRASIL. **Resolução nº 307 – CONAMA: Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, disciplinando as ações necessárias de forma a minimizar os impactos ambientais**. Brasília, 2002. Disponível em: <www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>. Acesso em: 11 out. 2020.

BRASIL. **Resolução nº 469 – CONAMA: Altera art. 3º da Resolução CONAMA nº 307/2002**. Brasília, 2015. Disponível em: <www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=714>. Acesso em: 15 out. 2020.

BRASIL. **Lei nº 12.305: Política nacional de resíduos sólidos**. Brasília, 2010. Disponível em: <www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305>. Acesso em: 12 out. 2020.

BRASIL. **Portaria nº 280: Institui o manifesto de transporte de resíduos - MTR**. Brasília, 2020. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-280-de-29-de-junho-de-2020-264244199#:~:text=Regulamenta%20os%20arts.%2056%20e,plano%20de%20gerenciamento%20de%20res%C3%ADduos>>. Acesso em: 13 out. 2020.

BLOGGER. Disponível em: <<http://photos1.blogger.com/blogger/1202/2414/1600/DSC03688>>. Acesso em: 13 jun. 2021.

CAL LEVE. Disponível em: <www.calleve.com.br/produtos/cacamba-estacionaria>. Acesso em: 20 out. 2020.

DEGANI, C. M. **Sistema de gestão ambiental em empresas construtoras de edifícios**. 223p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

FERREIRA, A.R.L.; MOREIRA, H.C. **Análise Crítica da Gestão de Resíduos de Construção Civil: Estudo de caso do Município do Rio de Janeiro**. Projeto – Graduação em Engenharia Ambiental – Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Distrito Federal, 2020. Disponível em: <www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sc/joinville> Acesso em: 15 nov. 2020.

JOINVILLE. **Plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos do município de Joinville**. Joinville, 2013. Disponível em: <www.joinville.sc.gov.br/wp-content/uploads/2016/10/Plano-Municipal-de-Gest%C3%A3o-Integrada-de-Res%C3%ADduos-S%C3%B3lidos-de-Joinville-SC.pdf> Acesso em: 12 out. 2020.

JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. São Paulo, 2000. 102 f. Tese (Livre-Docência em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.

MANFRINATO, J. W. S.; ESGUÍCERO, F. J.; MARTINS, B.L. **Implementação de usina para reciclagem de resíduos da construção civil (RCC) como ação para o desenvolvimento sustentável – Estudo de Caso**. In: XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_tn_stp_077_543_10843.pdf>. Acesso em: 13/09/2020.

PINTO, T.P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. Tese – Doutorado em Engenharia – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999.

PINTO, T.P.; GONZÁLEZ, J.L.R. **Manejo e gestão de resíduos da construção civil**. Brasília, 2005. Disponível em: <www.cuiaba.mt.gov.br/upload/arquivo/Manual_RCD_Vol1.pdf>. Acesso em: 19 out. 2020.

ROCHA, E.G. de A. **Os resíduos sólidos de construção e demolição: gerenciamento, quantificação e caracterização. Um estudo de caso no Distrito Federal.** Dissertação – Mestrado em Estruturas e Construção Civil - Universidade de Brasília. Brasília, 2006.

SANTOS, F.R. dos. Logística reversa de resíduos da construção civil: Uma análise de viabilidade econômica. **Revista Tecnológica da Fatec Americana**, Americana v.2, n.1, p.105-220, mar./set., 2014.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. **Plano de resíduos sólidos do estado de São Paulo [recurso eletrônico]**. 1ª ed. São Paulo: SMA, 2014. 350 p. Disponível em: <www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/cirs/> Acesso em: 13/09/2020.

SOBRAL, R. F. C. **Viabilidade econômica de usina de reciclagem de resíduos da construção civil: Estudo de caso da USIBEN.** Dissertação – Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental – Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2012.