

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA

GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

**DEFINIÇÃO DE ALTERNATIVA ECONOMICAMENTE  
VIÁVEL PARA RECICLAGEM DE RESÍDUOS DE  
CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO DE CLASSE A DO  
MUNICÍPIO DE CRUZ DAS ALMAS - BAHIA**

WILSON CUNHA CARDOSO

CRUZ DAS ALMAS, 2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA

GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

**DEFINIÇÃO DE ALTERNATIVA ECONOMICAMENTE  
VIÁVEL PARA RECICLAGEM DE RESÍDUOS DE  
CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO DE CLASSE A DO  
MUNICÍPIO DE CRUZ DAS ALMAS – BAHIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia como parte  
dos requisitos para obtenção do título Engenheiro  
Sanitarista e Ambiental

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Msc. Anaxsandra da Costa Lima Duarte

WILSON CUNHA CARDOSO

CRUZ DAS ALMAS, 2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

**DEFINIÇÃO DE ALTERNATIVA ECONOMICAMENTE  
VIÁVEL PARA RECICLAGEM DE RESÍDUOS DE  
CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO DE CLASSE A DO  
MUNICÍPIO DE CRUZ DAS ALMAS – BAHIA**

Aprovada em: \_ / \_ / \_

EXAMINADORES:

---

Prof.<sup>a</sup> Msc. Anaxsandra da Costa Lima Duarte

---

Prof.<sup>o</sup> Msc. Fernanda Nepomuceno Costa

---

Prof.<sup>a</sup> Eng. Maselia Fernandes de Magalhães

WILSON CUNHA CARDOSO

CRUZ DAS ALMAS, 2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA

GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

**DEFINIÇÃO DE ALTERNATIVA ECONOMICAMENTE VIÁVEL PARA  
RECICLAGEM DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO DE CLASSE A  
DO MUNICÍPIO DE CRUZ DAS ALMAS – BAHIA**

**RESUMO**

Na construção civil, assim como em outras áreas da sociedade, a questão da importância da perpetuação do meio ambiente tem ganhado destaque. É de conhecimento geral que a construção civil transforma o mundo, e nesse processo desde a obtenção da matéria prima até a entrega do produto final existe uma infinidade de danos causados a natureza. Tendo como base que grande parte do volume de resíduos sólidos urbanos são oriundos da construção civil, evitar que os mesmos sejam depositados em aterros irá aumentar a vida útil dessas áreas, reintroduzir esse material nos processos construtivos é uma alternativa notável caso além de outras justificativas a mesma receba uma relevância financeira. Nessa condição, foram propostas alternativas para a modelagem de uma usina de reciclagem de resíduos de construção e demolição, para as condições reais do município de Cruz das Almas na Bahia, com base em processos consolidados na literatura. Alguns modelos se mostraram estimulantes, mas o que aponta melhor relação custo/benefício é o que promove coleta do tipo indireta, usa bases estatísticas presente na literatura para quantificar o RCD gerado e exige a segregação realizada pelo gerador, além de produzir ao fim do processo agregado apto a ser inserido nas atividades da construção civil.

**Palavras chave:** Resíduo de construção e demolição. Usina de reciclagem de RCD. Reciclagem de RCD.

## **SUMÁRIO**

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1 OBJETIVO GERAL .....</b>	<b>3</b>
<b>2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</b>	<b>3</b>
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>4</b>
<b>3.1 GERAÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD) .....</b>	<b>4</b>
<b>3.2 RESOLUÇÃO CONAMA Nº 307 .....</b>	<b>5</b>
<b>3.3 ATERRO DE RCD (ATERRO DE CLASSE A).....</b>	<b>7</b>
<b>3.4 LOGÍSTICA PARA A IMPLANTAÇÃO DE UMA USINA DE RECICLAGEM.....</b>	<b>10</b>
<b>3.5 EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS PARA A RECICLAGEM (TIPOS).....</b>	<b>13</b>
3.5.1 CAMINHÕES PARA TRANSPORTE .....	13
3.5.2 BALANÇA RODOVIÁRIA.....	14
3.5.3 ALIMENTADOR VIBRATÓRIO .....	14
3.5.4 BRITADOR DE IMPACTO .....	15
3.5.5 TRANSPORTADOR DE CORREIA MÓVEL .....	16
3.5.6 ELETROÍMÃ SUSPENSO (EXTRATOR DE METAL) .....	16
<b>3.6 ETAPAS DO PROCESSO DE RECICLAGEM DE RCD .....</b>	<b>17</b>
3.6.1 COLETA DE RESÍDUO DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO .....	17
3.6.2 QUANTIFICAÇÃO DO RCD .....	19
3.6.3 SEGREGAÇÃO DO RCD .....	19
3.6.4 BENEFICIAMENTO DOS RESÍDUOS COLETADOS .....	21
3.6.5 INTENÇÃO FINAL DO PRODUTO GERADO NO PROCESSO.....	22
3.6.6 USINA MÓVEL .....	23
<b>3.7 EXPERIÊNCIAS BRASILEIRAS DE RECICLAGEM .....</b>	<b>23</b>
<b>3.8 REUSO NO CANTEIRO DE OBRA.....</b>	<b>25</b>
<b>4 MÉTODO DE PESQUISA .....</b>	<b>27</b>

<b>5 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>28</b>
<b>6 DEFINIÇÃO DOS COMPONENTES DO GERENCIAMENTO DE RCD.....</b>	<b>30</b>
<b>6.1 COLETA DE RCD.....</b>	<b>30</b>
<b>6.2 QUANTIFICAÇÃO DO RCD .....</b>	<b>34</b>
<b>6.3 SEGREGAÇÃO DO MATERIAL .....</b>	<b>36</b>
<b>6.4 BENEFICIAMENTO DOS RESÍDUOS COLETADOS.....</b>	<b>36</b>
<b>6.5 INTENÇÃO FINAL .....</b>	<b>37</b>
<b>6.7 COMPOSIÇÃO DAS ALTERNATIVAS .....</b>	<b>39</b>
<b>7 CONCLUSÃO .....</b>	<b>45</b>
<b>8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>46</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 - ATTR Varjão e planta de reciclagem .....	8
Figura 3.2 - Barramento para conter o chorume dissolvido .....	9
Figura 3.3 - Logística frente ao RCD antes e depois de normativa .....	10
Figura 3.4 - Produtos da usina de reciclagem da construção, ECOBRIT .....	12
Figura 3.5 - Conjunto habitacional construído com tijolo reciclado .....	12
Figura 3.6 - Modelos básicos para a coleta de RCD .....	13
Figura 3.7 - Balança rodoviária mecânica .....	14
Figura 3.8 - Modelos de Alimentadores vibratórios .....	14
Figura 3.9 - Diferentes modelos de britador de RCD .....	15
Figura 3.10 - Correia Transportadora Do Entulho Reciclado .....	16
Figura 3.11 - Modelos diferenciados de separadores eletromagnéticos .....	17
Figura 3.12 - Ecoponto para entrega de resíduos na cidade do Rio de Janeiro .....	18
Figura 3.13 - Triagem manual do RCD .....	21
Figura 3.14 - Agregado reciclado Graúdo e miúdo respectivamente .....	22
Figura 3.15 - Blocos e pré-moldados construídos com agregado reciclado .....	22
Figura 3.16 - Agregados de tamanhos distintos .....	23

Figura 3.17 - Usinas de reciclagem de RCD de classe A inauguradas a partir de 1991  
.....24

Figura 6.1 - Componentes dos elementos do gerenciamento de RCD .....39

## **LISTA DE GRÁFICOS**

Gráfico 3.1 - Composição média do RCD de Fortaleza (FEV/09) .....20

Gráfico 6.1 - Relação custo/benefício de cada alternativa .....42

Gráfico 6.2 - comparativo entre custos e benefícios de cada alternativa .....44

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 3.1 - Classificação dos RCD segundo Resolução CONAMA nº 307 .....6

Quadro 3.2 - NBR's existentes dentro do tema abordado .....7

Quadro 6.1 - Detalhes da caracterização do quantitativo do caminhão basculante ....30

Quadro 6.2 - detalhes da caracterização do quantitativo dos auxiliares de coleta ....31

Quadro 6.3 - Gastos referente ao consumo de combustível .....32

Quadro 6.4 - Quantitativo do modelo de coleta direta .....32

Quadro 6.5 - Gastos referente ao vigia da área de transbordo .....33

Quadro 6.6 - Quantitativo parcial da coleta indireta .....33

Quadro 6.7 - Quantitativo do modelo de coleta direta .....	34
Quadro 6.8 - Quantitativo dos modelos de quantificação .....	35
Quadro 6.9 - Quantitativo dos funcionários para a segregação .....	36
Quadro 6.10 - Quantitativo do funcionário para operação do processo de reciclagem .....	37
Quadro 6.11 - Quantitativo dos benefícios da produção de agregado .....	38
Quadro 6.12 - Quantitativo dos custos e benefícios da produção de blocos de concreto através de resíduo de RCD reciclado .....	39
Quadro 6.13 - Composição e referência de cada alternativa .....	40
Quadro 6.14 - Custo característico de cada alternativa bem como suas peculiaridades .....	41
Quadro 6.15 - Custo e Benefício de cada alternativa e relação custo/benefício .....	43

# 1 INTRODUÇÃO

A construção civil em qualquer escala gera resíduos que exigem gerenciamento adequado, é de conhecimento geral que a sua atuação transforma o mundo, e nesse processo desde a obtenção de matéria prima para seus subprodutos, existe uma infinidade de aspectos e impactos integrantes.

A atividade da construção civil gera uma parcela predominante da massa total dos resíduos sólidos urbanos produzidos nas cidades, onde 75% dos resíduos gerados provêm de eventos informais, causando dificuldades as gestões públicas para sua coleta, transporte e acondicionamento final conforme as normas e leis vigentes assim como diminuindo a vida útil dos aterros domésticos (SINDUSCON, 2005).

É fácil destacar o desperdício na construção civil que além de associado ao custo final do empreendimento está também entrelaçado com a extração de matéria prima e produção. Chega-se a afirmar que com a quantidade de materiais e mão-de-obra desperdiçado em três obras, é possível a construção de outra idêntica, ou seja, o desperdício atinge um índice de 33% (GROHMANN, 1998).

Seguidamente após a lei federal de nº 10.257 (instituída em 10/06/01) que estabelece diretrizes para o desenvolvimento urbano, é aprovada no dia 05/07/2002 pelo conselho nacional do meio ambiente (CONAMA) a resolução de nº 307, que torna a obrigatoriedade de todos os municípios do país a promover e obedecer aos parâmetros relacionados ao plano integrado de gerenciamento dos resíduos da construção civil (PINTO, 2005).

As questões que circunvizinham a perpetuação das condições básicas para a manutenção dos sistemas naturais somadas as obrigatoriedades frente a gestão de resíduos, influencia tecnologias dentro da construção civil para a diminuição dos seus impactos ao meio ambiente. Tendo como base que grande parte do volume de resíduos sólidos urbanos são oriundos da construção civil, promover a destinação final adequada e evitar que os mesmos sejam depositados indevidamente em aterros domésticos (o que é uma pratica que fere as imposições legais) irá aumentar a vida

útil dessas áreas, que tem um custo elevado de implementação inicial e de manutenção, acarretando indiretamente também um benefício econômico ao município que prolongará a necessidade de aquisição de um novo aterro.

O município de Cruz das Almas ainda está em fase de desenvolvimento de políticas efetivas para contemplar todas as exigências normativas referente em especial aos RCD's (resíduos de construção e demolição), a realidade do município que conta com uma estrutura que incentiva o progresso da construção civil, carece de ferramentas adequadas para acompanhar tal prosperidade.

Assim, através deste trabalho, foi proposto uma alternativa interessante para a reciclagem dos resíduos de construção e demolição gerados no município (em especial os de classe A, conforme ramificação prevista pela resolução CONAMA nº 307), bem como auxiliar a segregação de outros materiais recicláveis presentes nos RCD's, associando a essa ação a contemplação da normativa e possíveis benefícios econômicos a médio e longo prazo.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Identificar a alternativa mais viável economicamente para a reciclagem de resíduos de construção e demolição para o município de Cruz das Almas – Bahia.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Reunir informações assim como levantar dados específicos sobre a relação do município com os resíduos de construção e demolição;
- Conhecer as exigências legais quanto ao de resíduos de construção e demolição válidos no município;
- Construir uma análise econômica fazendo a relação custo/benefício da implementação da reciclagem;
- Listar possíveis finalidades dos resíduos de construção e demolição.

## 3 REFERENCIAL TEÓRICO

### 3.1 GERAÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD)

A construção civil é uma atividade que gera inúmeros impactos ambientais, onde são geradas expressivas quantidades de resíduo, que quando não dispostos de forma adequada, impactam o meio urbano e favorecem a proliferação de vetores (PINTO, 1999). Dentre tais impactos será dado destaque aos associados com os resíduos de construção e demolição.

Segundo Pinto (1999, p. 15), não haviam indicadores para a ocorrência de perdas na construção civil, muitos menos referência a geração de resíduos dessa atividade, apenas se tinha noção das montanhas visíveis de resíduos que se acumulavam nos centros urbanos.

Tal afirmação pode ser decorrente da pequena quantidade de resíduos perigosos, sendo o maior problema o volume gerado, que causam transtornos para a administração pública, seja na organização de uma área com tamanho considerável para destinação final (necessidade conflitante em grandes centros urbanos), bem como na relocação de resíduos depositados de forma irregular (Karpinsk *et al.*, 2009).

Em 2010 foi instituído a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) através da Lei nº 12.305/10, (BRASIL, 2010) que tem o intuito de garantir as ferramentas necessárias para o país enfrentar os problemas associados ao manejo inadequado dos resíduos sólidos. De forma geral acaba promovendo a atenção para com os resíduos de construção e demolição também já que após a lei, institui a responsabilidade compartilhada dos envolvidos, seja do fabricante ao consumidor (MMA, 2015). Em seu Artigo 13 a lei classifica os resíduos quanto a origem e periculosidade, cabe então a atenção para “os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis” (Brasil, 2010a, Artigo 13, inciso I, alínea h).

Antes mesmo da PNRS que engloba toda a base necessária para garantir a boa gestão quanto aos resíduos sólidos em geral, em julho de 2002 a resolução CONAMA nº 307 (CONAMA, 2002) dispõe diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão específica dos resíduos da construção civil.

### **3.2 RESOLUÇÃO CONAMA Nº 307**

A Resolução nº 307 de 5 de julho de 2002, que já recebeu três alterações ao longo dos anos (por meio da Resolução de número 348 de 2004 que altera o inciso IV do artigo 3º, em soma a Resolução nº 431 de 2011 que altera os incisos II e III do artigo 3º e pôr fim sofre ação da Resolução 448 de 2012 que faz alterações em vários artigos e revoga os artigos 7º, 12 e 13), tem sua importância crucial no que diz respeito ao destaque que dá a reutilização, redução, reciclagem e disposição final dos resíduos da construção civil, com consideração íntima a política urbana de pleno desenvolvimento da função social da cidade e da propriedade urbana (em razão da lei federal nº 10 257).

Um dos princípios importantes implementados dessa Resolução no plano integrado de gerenciamento dos resíduos da construção civil está presente no artigo 4º da mesma que atribui ao gerador o objetivo prioritário a não geração de resíduos e, secundariamente, a redução, a reutilização, a reciclagem, o tratamento dos resíduos sólidos e a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Tal importância representou um marco positivo na política ambiental do país.

A norma tem entre outros objetivos estimar a quantidade de RCD gerado em cada município, identificar áreas usualmente utilizadas como destinação final deste resíduo em especial (sejam elas legais ou irregulares), e assegurar através de suas diretrizes que o resíduo independente de sua classe tenha sua destinação final adequada.

A grande diferença que a Resolução causou, na forma como é planejado o gerenciamento de RCD's, ao ser instituída, foi segmentar os resíduos em quatro classes (A, B, C e D), conforme suas características específicas, formas como foram gerados, constituintes, obrigações associadas a destinação final e

gerenciamento, como cita o artigo 3º, e pode ser entendido através do seguinte quadro:

Quadro 3.1: Classificação dos RCD segundo Resolução CONAMA nº 307

<b>CLASSES</b>	<b>COMPONENTES</b>	<b>POSSÍVEIS DESTINAÇÕES</b>
CLASSE A	São os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados (Solos, componentes cerâmicos, argamassa, concreto, etc....).	Deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados ou encaminhados a aterro de resíduos classe A.
CLASSE B	São os resíduos recicláveis para outras destinações (plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso).	Deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento, e permitir a sua reciclagem.
CLASSE C	São os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação (como o isopor).	Deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.
CLASSE D	São resíduos perigosos oriundos do processo de construção (tintas, solventes, óleos, etc....).	Deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas

Fonte: Próprio autor (com base na resolução CONAMA nº 307 de 2002), 2016.

Existem ainda normas relativas aos resíduos de construção e demolição apresentadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) que foram elaboradas em comunhão com as especificidades da Resolução CONAMA 307/2002. Tais normas podem servir de suporte para contemplar questões referentes aos resíduos reciclados, gerados, áreas de destinação temporária, destinação final, dentre outras particularidades pertinentes ao plano de gestão. No que diz respeito as existentes vale salientar algumas que atribuem potencialidades específicas aos resíduos de classe A,

peculiaridade desse trabalho, as mais importantes podem ser observadas no quadro a seguir:

Quadro 3.2: NBR's existentes dentro do tema abordado

NBR	TITULO
NBR15112/2004	Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Área de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação
NBR15113/2004	Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação.
NBR15114 /2004	Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação.
NBR15115/2004	Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos.
NBR15116/2004	Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos.

Fonte: Próprio autor, 2016.

As vantagens da aplicação de uma gestão responsável de RCD ultrapassam apenas as questões ambientais, quando eficiente trazem benefícios financeiros pois o m<sup>3</sup> do agregado reciclado é mais barato que o do natural, além de minimizar custos com transporte dos resíduos para a destinação final bem como favorecer um canteiro organizado. A única desvantagem tem origem administrativa, uma má operação não atingirá os objetivos (FAGUNDES, 2009).

### 3.3 ATERRO DE RCD (ATERRO DE CLASSE A)

Segundo a Resolução CONAMA nº 307 (2002) um sistema responsável de gerenciamento visa reduzir, reutilizar ou reciclar os resíduos, e existem etapas que precedem a destinação final, como caracterização e quantificação dos resíduos,

promoção de técnicas para minimização da geração de RCD, realização de procedimentos para fomentar a segregação dos resíduos por classe, adoção de práticas para garantir o acondicionamento e armazenamento adequado dos RCD's, garantia da reutilização e reciclagem quando possível, e até um induzir um controle quanto ao transporte externo dos RCD para a destinação final.

O conceito de aterro de RCD é introduzido legalmente na Resolução CONAMA nº 307 que além de instituir a proibição da existência de áreas de “bota fora” bem como a disposição dos resíduos de construção civil em aterros de resíduos sólidos domésticos, encostas, corpos d’agua, lotes vagos e áreas protegidas por lei, estabelece em seu 10º artigo parâmetros para a destinação final dos resíduos, onde após triagem devem ser manejados de acordo com sua classe, já que a segregação promove uma ação diferente a cada tipo com suas normas técnicas específicas.

Um exemplo de aterro de resíduos de classe A pode ser visto através do exemplo moldado pela Organização não governamental Eco Atitude em parceria com a administração regional que atua na região de Varjão (distrito federal). O projeto que instaurou o aterro específico é o ATTR Varjão que conta com uma área de transbordo, triagem e reciclagem de resíduos da construção civil, onde praticamente tudo é aproveitado das sobras das obras da construção civil no Varjão, a figura a seguir mostra as dependências do aterro de RCD de classe A:

Figura 3.1: ATTR Varjão e planta de reciclagem



Fonte: ECOATITUDE 2016.

Fica claro, então, segundo a norma, que os resíduos de classe A carecem de usinas de beneficiamento para serem reciclados ou reutilizados, ou deverão ser transportados a aterros específicos de RCD, que segundo Pinto (2005, pág. 39) “Esse novo tipo de aterro poderá ser executado em duas hipóteses: ou para a correção de nível de terrenos, para uma ocupação futura dos mesmos (disposição definitiva); ou para a reservação (disposição temporária) dos resíduos de concretos, alvenarias, argamassas, asfalto de pavimentação e de solos limpos, visando ao seu aproveitamento futuro”.

Em Uberaba (MG), assim como em outras cidades espalhadas pelo país que carecem de uma estrutura mínima para adequadamente abordar as questões que tangem os RCD's, mesmo após a lei 10.876 de 11 de dezembro de 2009 que implementa um sistema de gestão municipal dos resíduos de construção e demolição, sofre dificuldades em gerir corretamente tal questão. Apresentando resultados como a destinação de RCD na Pedreira Jardim Espírito Santo às margens do rio Uberaba, grave inflição a normativa que vem sendo combatida com a criação de um aterro de RCD a 10km da cidade, e que ainda prevê uma planta para reciclagem de resíduos construtivos, bem como a reabilitação da área da pedreira, antiga zona de bota fora do município (ARCANJO, 2012). A má gestão nesse caso apresentou como resultado a produção de chorume que por sua vez forçou os funcionários da prefeitura a improvisarem um barramento para contenção e minimização os danos associados, como mostra a figura:

Figura 3.2: Barramento para conter o chorume dissolvido



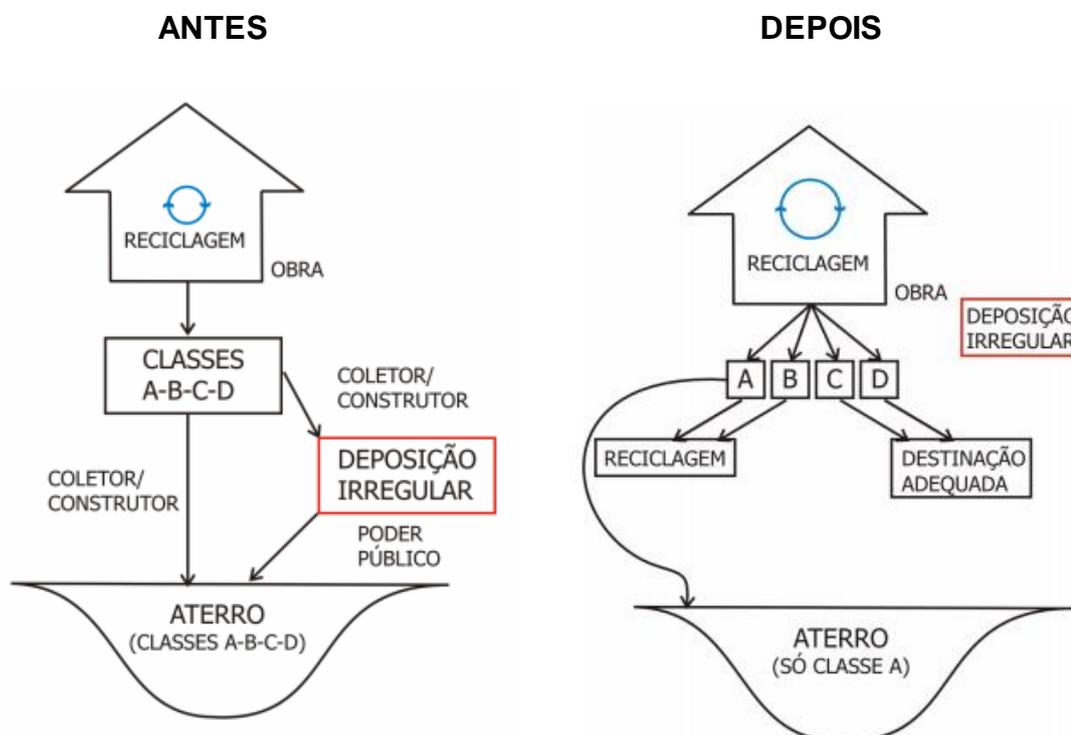
Fonte: ARCANJO, 2012.

### 3.4 LOGÍSTICA PARA A IMPLANTAÇÃO DE UMA USINA DE RECICLAGEM

Como já explicitado, a reciclagem dos RCD de classe A deverá ser realizada em uma das últimas etapas do gerenciamento, que pode ser resumido em caracterização dos resíduos, triagem (levando em relação as classes estabelecidas), acondicionamento e transporte para a destinação final. Na destinação final cada classe receberá sua atenção específica. Para este trabalho o foco está voltado aos resíduos de classe A, que intencionalmente é preterido sua reutilização ou reciclagem na forma de agregado por exemplo.

A Rede Nacional de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental (RECESA, 2008) apresenta um esquema pratico de como era a logística frente aos RCD's antes e após as normativas vigentes, como fica claro na figura a seguir (Vale ressaltar que o aterro para resíduos de classe A mencionado na figura 3.2 é uma área temporária e não a destinação final):

Figura 3.3: Logística frente ao RCD antes e depois de normativa



Fonte: RECESA, 2008.

Para ser reciclado o RCD de classe A precisa sofrer um processo de beneficiamento específicos para que o produto final atenda às necessidades exigidas. Para tal é difundido um padrão básico para a reciclagem, que segundo o IPT/CEMPRE (2000) se resume a três processos: recepção (momento em que quantifica e qualifica o material), Alimentação (carregamento da linha de processo) e Triagem (por fim a separação dos recicláveis por tipo). Esse padrão é apenas um resumo entre as possibilidades aplicáveis, já que a depender da intencionalidade e do equipamento específico, o processo pode se caracterizar de formas variadas em sua complexidade.

Existe ainda a possibilidade de um processo completamente automático com equipamentos robustos que são capazes de triturar todo o material sem uma separação previa, mas entre as experiências em atividade no país o processo mais comum é o semiautomático, onde a operação se inicia com a chegada do material a ser reciclado trazido por caminhões, que é pesado e guiado a um pátio de recepção, em seguida o material é vistoriado para garantir que o mesmo é compatível com as exigências do processo. Caso seja aceito é realizada a descarga do caminhão e uma segregação inicial para garantir a destinação final correta. Para dar sequência ao processo o entulho é levemente umedecido por um sistema de aspersão para reduzir a quantidade de poeira gerada, logo é guiado para alimentar o triturador e posteriormente passa por uma peneira vibratória que promovera uma separação por granulometrias (IPT/CEMPRE, 2000).

Existe um modelo de produção realizado pela ECOBRIT que atua na cidade de Natal no Rio Grande do Norte. Tudo se inicia com a coleta do entulho armazenado em caçambas estacionadas em pontos específicos, esse material chega a ECOBRIT que passa por uma triagem e é transportado por uma pá carregadeira (uma modelo de trator para exercer esse tipo de função) ao alimentador vibratório e em seguida ao britador de impacto que tem como função reduzir a granulometria do materia bruto para poder ser reutilizado. Ao final do processo o produto final da reciclagem é um material beneficiado com granulometrias variadas, onde cada uma terá sua utilização adequada, sendo elas em areia pedrisco, brita e bica corrida (a qualidade do material reciclado se assemelha ao tradicional), como mostra a figura:

Figura 3.4 produtos da usina de reciclagem da construção, ECOBRIT



Fonte: ECOBRIT, 2016.

Já na cidade de Fortaleza no estado do Ceará, existe a USIFORT que é uma empresa que também atua na reciclagem de RCD e proporciona ao município uma usina de reciclagem, que recebe mensalmente 5.000 toneladas de entulho e 15.000 toneladas de material de escavação que são transformados em agregados reciclados (brita 0 com dimensão de 0,45cm a 0,95cm, brita graduada simples com dimensão máxima característica de 50mm, macadame reciclado que tem dimensão máxima característica de 4 polegadas, brita graduada tratada com cimento e lastro com dimensões de 2,5cm a 3,15cm), que são reutilizados em obras públicas e privadas, sendo que em parceria com a prefeitura da cidade realizou a construção do conjunto habitacional Anita Garibaldi (figura 3.3) onde o mesmo tem em sua constituição tijolo reciclado com resistência estrutural, produzido pela própria usina (DARIO, 2009).

Figura 3.5: conjunto habitacional construído com tijolo reciclado



Fonte: USIFORT, 2016.

De acordo com IPT/CEMPRE ( 2000, p. 136.)

Os produtos comumente fabricados em uma usina de reciclagem são: briquetes para calçada, sub-base e base de rodovias, blocos para muros e alvenaria de casas populares, agregado miúdo para revestimento e agregados para a construção de meios-fios, bocas-de-lobo e sarjetas.

### 3.5 EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS PARA A RECICLAGEM (TIPOS)

A transformação do RCD em produto que pode ser reintegrado nos processos de construção civil é em parte mecânica, ainda que em algumas etapas técnicas manuais sejam satisfatórias (como na alimentação do triturador), por tanto, se faz fundamental elucubrar sobre os equipamentos específicos dessa atividade. Segundo MOREIRA (2007), os principais maquinários exigentes no processo de moagem dos RCD's são: caminhão para transporte, Balança, Alimentador vibratório, Britador de impacto, transportador de correia móvel, Eletroímã suspenso, Sistema de nebulizador (conter material particulado), Sistema de contenção de ruídos e caminhão para transporte final.

#### 3.5.1 CAMINHÕES PARA TRANSPORTE

Sua função se resume em coletar o resíduo de forma segura e satisfatória até a área de transbordo ou aterro característico. Os modelos que são aptos a atender as necessidades específicas são os caminhões poliguindade simples ou duplos e ainda os caminhões basculantes como mostra a figura os modelos componentes da frota da empresa Disk Entulho atuante no município de Natal:

Figura 3.6: Modelos básicos para a coleta de RCD



Fonte: DISKENTULHOS, 2016

### 3.5.2 BALANÇA RODOVIÁRIA

Sua finalidade consiste em aferir medição de peso de veículos em trânsito para posteriormente correlacionar o valor verificado a carga presente. Essa ação se faz necessária quando a exatidão da quantificação do resíduo é importante. Existem vários modelos no mercado, alguns moveis e outros essencialmente fixos, mas que tem a funcionalidade similar, como mostra a figura:

Figura 3.7: balança rodoviária mecânica



Fonte: JAUMIREQUIPAMENTOS, 2016.

### 3.5.3 ALIMENTADOR VIBRATÓRIO

Esse equipamento de alimentação linear tem a função de guiar o resíduo ao britador de forma uniforme e continua, nesse processo peneira o material promovendo segregação através da vibração (CORRÊA, 2011). A Figura 3.8 a seguir mostra alguns modelos disponíveis no mercado:

Figura 3.8: Modelos de Alimentadores vibratórios



Fonte: MAPRE, 2016.

### 3.5.4 BRITADOR DE IMPACTO

O britador é utilizado para a gerar material com diâmetros variados, conforme necessidade, oferecendo um conjunto de operações com o objetivo de fragmentar o RCD (CORRÊA, 2011).

A depender das exigências frente a granulometria e qualidade do material o tipo de processo de britagem irá solicitar um equipamento condizente com essa expectativa (existem modelos de mandíbula, rolos lisos ou dentados e ainda tipos giratórios, cilíndricos e de cones), vale salientar que caso seja imprescindível esse equipamento deve contar com um sistema de nebulizador para conter material particulado e mantas de borracha antichoque para contenção de ruídos (MOREIRA 2007). Na figura a seguir é possível constatar modelos diversos de diferentes proporções para efetuar o processo (equipamentos em atuação em usinas de reciclagem de RCD):

Figura 3.9: diferentes modelos de britador de RCD



Fonte: RECESA, 2008.

### 3.5.5 TRANSPORTADOR DE CORREIA MÓVEL

É a ferramenta que liga distintos equipamentos (peneiras e britadores por exemplo), pode ser adaptado a plantas de britagem fixas ou moveis, suas características irão variar de acordo com os atributos do material a ser transportado (CORRÊA, 2011). A figura a seguir mostra um modelo de transportador em funcionamento na usina de reciclagem de resíduos da construção civil Alpha Ambiental, em Taubaté - SP:

Figura 3.10: Correia Transportadora Do Entulho Reciclado



Fonte: ENGENHAFRANK, 2016.

### 3.5.6 ELETROÍMÃ SUSPENSO (EXTRATOR DE METAL)

Consiste em um separador magnético com ímãs permanentes, onde sua função no processo de reciclagem é retirar impurezas ferrosas presente nos resíduos de construção e demolição, que é inconveniente no produto final (CORRÊA, 2011). Tem ampla utilização em diversas áreas da produção industrial, tal fato justifica a existência

de empresas como a Mecalux que comercializa vários modelos para atender diferentes frentes de serviço, como mostra a figura a seguir:

Figura 3.11: modelos diferenciados de separadores eletromagnéticos



Fonte: MECALUX, 2016.

### **3.6 ETAPAS DO PROCESSO DE RECICLAGEM DE RCD**

Existem muitos materiais consolidados de instituições respeitáveis e até aqueles vinculados pelo governo que faz menção a maneira como deve ser organizado o planejamento dos resíduos sólidos de um município, existe inclusive com foco exclusivo nos resíduos de construção e demolição, mas em nenhum é engessada a forma como abordar tal problemática, existem muitas variáveis que influenciam na escolha do modelo ideal para cada realidade. Em cada etapa do processo de reciclagem dos RCD's existem uma vasta gama de possibilidades diferentes, para a seleção da alternativa mais viável, tais opções devem ser estudadas.

#### **3.6.1 COLETA DE RESÍDUO DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO**

A experiência nacional em geral não tende a ser diferente de 3 tipos básicos de coleta, a coleta direta (quando a gestão se propõe a buscar os resíduos na fonte geradora), a coleta indireta (quando o gestor exige um ponto específico aceito para a partir dele ser feita a coleta, ou seja, os geradores são obrigados a depositar o RCD gerado em

um local de transbordo), e quando não há coleta declarada (cada gerador deve direcionar independentemente seu resíduo a uma destinação final apropriada).

Na cidade de Passo Fundo no Rio Grande do Sul sua realidade permite o funcionamento da coleta privada direta de RCD, quatro empresas estão licenciadas para coletar o RCD diretamente da fonte (BERNARDES, 2008). Algo parecido acontece na cidade de Cruz das Almas, segundo Correia (2012), a prefeitura disponibilizou atendimento mediante exigência, o gerador faz a solicitação e efetua o pagamento de uma taxa, e a prefeitura faz a coleta do RCD. Além da prefeitura outras duas empresas também se disponibilizam a fazer o serviço com a mesma lógica. Houve a tentativa de coleta indireta em Cruz das Almas: a prefeitura selecionou uma área para receber resíduos de construção e demolição e a partir da mesma ser direcionado o RCD para a uma destinação adequada, mas tal alternativa logo entrou em desuso.

Na cidade do Rio de Janeiro os grandes geradores não são um problema devido promoverem a reciclagem dentro do próprio canteiro ou por estarem habituados a garantir a destinação adequada, mas para os pequenos geradores espalhados pela cidade foi proposto a logística indireta, através de eco pontos, que tem como função receber e armazenar os resíduos até que o mesmo atinja quantidades economicamente viáveis para ser realizada a coleta e transporte para a destinação final adequada (VIEIRA e ROMANEL 2013), como mostra a figura:

Figura 3.12 Ecoponto para entrega de resíduos na cidade do Rio de Janeiro



Fonte: VIEIRA; ROMANEL 2013.

### **3.6.2 QUANTIFICAÇÃO DO RCD**

A quantidade de material que vai chegar periodicamente para alimentar todo o processo é o embasamento de todas as etapas seguintes, a quantificação da entrada está associada a produção final, os resíduos podem ser associados a matéria prima de um processo industrial. Para o controle de entrada existem métodos simples que são satisfatórios, como a contagem dos caminhões (desde que obedeça pequenas exigências para garantir um padrão entre os caminhões) ou de caçambas coletadas, e até métodos mais exatos como a utilização de uma balança.

Os procedimentos de pesagem ou quantificação são espelhados em processos de caracterização dispostos na literatura, como o citado em MARQUES NETO, 2004.

Caso a quantificação não seja uma etapa viável para a realidade local, existe aproximações já realizadas como o estudo de ABRELPE, 2013, segundo o mesmo no Brasil existe em média a geração de 0,584 Kg/hab/dia. Ou como já citado existem estudos referentes especialmente a geração do resíduo em Cruz das Almas, o plano de ação pode atribuir uma porcentagem esperada para a coleta e assim generalizar qualquer dado necessário a quantificação.

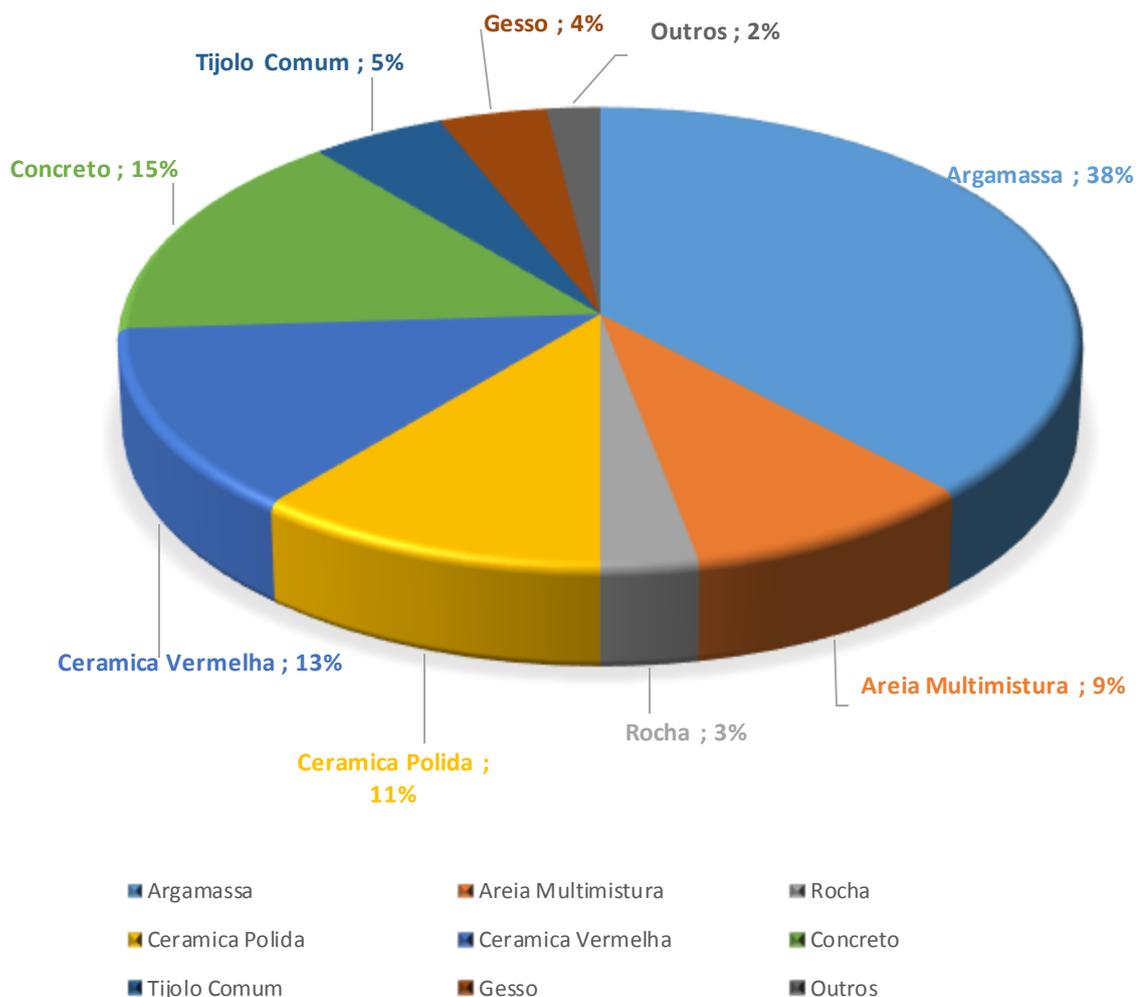
### **3.6.3 SEGREGAÇÃO DO RCD**

Segundo a Resolução CONAMA nº 307 em seu nono artigo, a segregação deve ser realizada preferencialmente pelo gerador, o que facilitaria ao gestor da reciclagem apenas submeter o resíduo ao processo de beneficiamento, mas a normativa não exclui a possibilidade de ser feito tal processo na destinação final, ou seja, a segregação deve ser uma etapa considerada caso não seja uma exigência previa do município.

A intenção dessa etapa é garantir que ocorra a reciclagem na maior parcela possível, e destinar adequadamente cada resíduo, já que a composição do RCD não é homogênea. Sua composição pode ser exemplificada pelo gráfico a seguir, que

representa a composição média do RCD gerado no município de Fortaleza no estado do Ceará.

Gráfico 3.1: Composição média do RCD de Fortaleza (FEV/09)



Fonte: DIAS, 2011.

A segregação em geral é feita de forma manual, por mão de obra capacitada, seja no local gerado ou no destino final. O material é exposto de forma que o mesmo não tenha contato direto com solo, sobre uma lona por exemplo, para evitar situações indesejáveis, como contaminação do solo, e separado para garantir a destinação final de cada tipo conforme regulamento vigente, processo que pode ser visualizado na figura a seguir:

Figura 3.13: triagem manual do RCD



Fonte: RECESA, 2008.

Em um modelo de gestão municipal em que a segregação seja uma exigência básica frente ao gerador, tal etapa seria facilitada e sem custos para a sua implementação, a complicação de sua implementação é jurídica, apenas obrigações normativas tornariam essa possibilidade plausível.

### **3.6.4 BENEFICIAMENTO DOS RESÍDUOS COLETADOS**

O processo de produção é simples, com auxílio de maquinário ou de forma manual é movido o resíduo ao alimentador que por sua vez guiará o material bruto a um britador, em sequência o material beneficiado passara por um separador magnético que tem como intenção reter os metais presentes, e pôr fim ao ser submetido a uma peneira resultara em dois produtos finais, o rachão (baixo valor agregado, utilizado usualmente para sub-base para pavimentação e aterros) e a bica corrida (utilizado também em pavimentações e concretos não estruturais). Em sistemas mais complexos, com maquinários mais modernos e específicos, é possível gerar ainda brita de maior qualidade e areia. (NOCITO e MACHADO, 2013).

O tipo de tecnologia deve atender a intenção e realidade do projeto, cada maquinário tem sua dimensão e sua capacidade de geração.

### 3.6.5 INTENÇÃO FINAL DO PRODUTO GERADO NO PROCESSO

A intenção final essencialmente é produzir um material que pode ser destinado a usos como enchimento, contrapiso, calçadas e fabricação de artefatos não estruturais, como ao agregar o material reciclado a blocos de concreto ou pré-moldados para a vedação, ou seja, reduzir os custos finais de atividades da construção civil (RECESA 2008).

Está disponível no material referente ao gerenciamento e reciclagem de resíduo de construção e demolição disponibilizado pela rede nacional de capacitação e extensão tecnológica em saneamento ambiental (RECESA, 2008) vários exemplos dos produtos gerados e usos que os mesmos estão aptos, como podemos ver nas figuras a seguir:

Figura 3.14: Agregado reciclado Graúdo e miúdo respectivamente



Fonte: RECESA, 2008

Figura 3.15: Blocos e pré-moldados construídos com agregado reciclado



Fonte: RECESA, 2008

Modelos de diferentes granulometrias que são comercializados por preços menores que os convencionais podem ser notados na figura a seguir, na experiência de reciclagem e reaproveitamento de RCD em São Luís/MA:

Figura 3.16: agregados de tamanhos distintos



Fonte: ALVES e ALENCAR, 2012.

### **3.6.6 USINA MÓVEL**

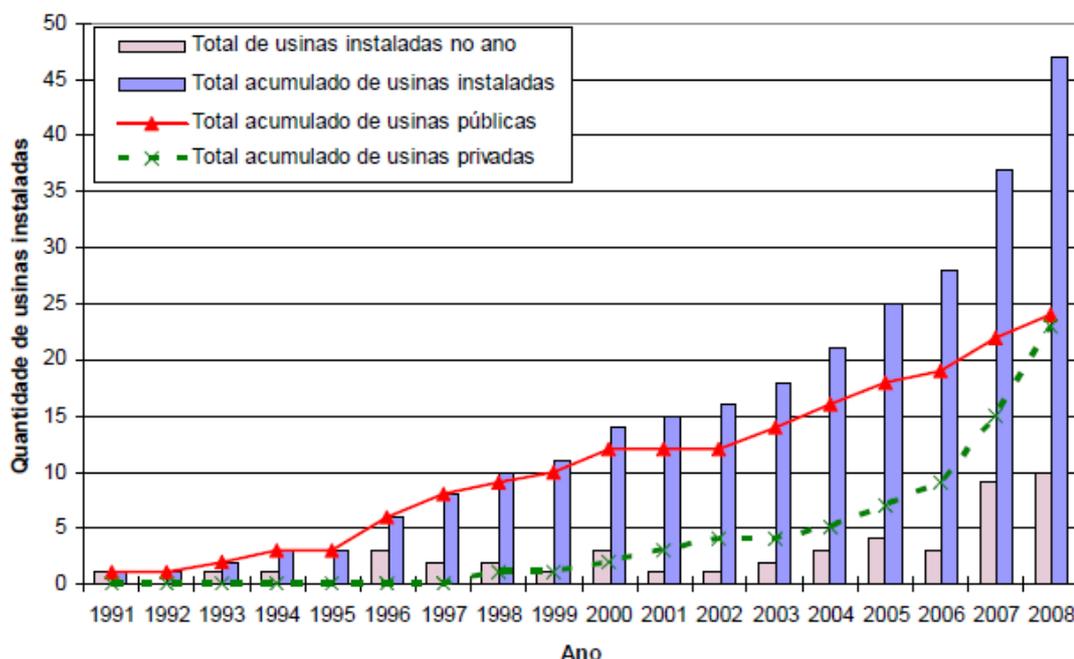
Vale a pena ressaltar que existem experiências com usinas de reciclagem móveis, que promovem a transformação do resíduo diretamente no local onde o mesmo é gerado, modelo ao qual para a intencionalidade do presente trabalho não será considerado. Esse sistema facilita a operação da reciclagem pois elimina fases complexas da gestão de resíduos de construção e demolição como a coleta do material, escolha dos equipamentos para a usina de reciclagem.

### **3.7 EXPERIÊNCIAS BRASILEIRAS DE RECICLAGEM**

Partindo do pressuposto que legalmente compete ao gerador do resíduo promover um gerenciamento sobre o mesmo e garantir sua destinação final (Segundo a Resolução CONAMA nº 307), somado ao conhecimento geral que todo desperdício tem um custo agregado a ele, a prática de reaproveitar os resíduos gerados na própria obra é uma atitude que tem se tornado comum em todo território nacional, ainda que seja reaproveitada pequena parcela e para atividades mais simples como compor parte de uma calçada ou algo do tipo, já é dado valor a algo que antigamente era apenas descartado (PINTO 2005).

Sejam por motivos ambientais e/ou econômicos, aumentou no país uma crescente necessidade na reciclagem de RCD, atividade que vem sendo amplamente difundida com base nas publicações do meio científico ou experiências particulares de empresas consagradas. Em 2002 o país contava com apenas 16 usinas, após as exigências impostas pela resolução CONAMA nº 307 em 2008 esse número já totalizava 47 (MIRANDA, 2009). A figura a seguir mostra esse panorama de evolução no setor, nota-se que a partir do ano 2000 ocorreu um avanço considerável no acumulado de usinas privadas:

Figura 3.17: Usinas de reciclagem de RCD de classe A inauguradas a partir de 1991



Fonte: (MIRANDA, 2009).

Existem experiências que servem de modelo de implementação, como é o caso da bem-sucedida gestão do município de Belo Horizonte que através da Lei nº 9.193/2006 implementou sua terceira usina de reciclagem de RCD, a usina teve um investimento inicial de R\$ 1.400.000,00 em aquisições de máquinas e equipamentos e R\$ 700.000,00 em obras de infraestrutura. A prefeitura usa pavimentação confeccionada com resíduos reciclados produzido em usinas do município desde 1994, apresentando 31 unidades de recebimento de pequenos volumes que facilitam a destinação adequada do RCD gerado no município, que no caso são as usinas para promoverem a reciclagem do mesmo (RAMOS, 2014).

O estado com o maior número de unidades é o estado de São Paulo, em municípios como: Ribeirão Preto, São José dos Campos, Vinhedo, Campinas, além da capital do estado, onde tais usinas são de propriedade da prefeitura. Existem cidades do estado de São Paulo que tem a iniciativa privada frente a atividade de reciclagem como: Piracicaba, Socorro, Guarulhos, Jundiaí, São B. dos Campos entre outras. O estado conta com 466 municípios com serviços de manejo de RCD e 52 cidades com existência de processamento de RCD (IPEA, 2012).

### **3.8 REUSO NO CANTEIRO DE OBRA**

Em um país onde 90% dos resíduos de construção e demolição podem ser reaproveitados ou reciclados no próprio canteiro onde foram gerados é inaceitável que tal prática não esteja inserida no cotidiano dessa atividade. O resíduo tem um custo agregado, e ainda que a questão ambiental por si só não seja um incentivador dessa ação de reaproveitamento dos mesmos, a questão financeira atrelada ao armazenamento, transporte para destinação final e compra de nova matéria prima deve pesar na hora de se avaliar a possibilidade de reciclagem (SUZUKI, 2012).

A necessidade de aquisição de maquinário específico para a reciclagem no próprio canteiro não é um empecilho, já que existem empresas nacionais que as produzem e ainda existe a possibilidade de reaproveitar equipamentos da mineração. As utilidades do material reciclado são inúmeras, como: material para preencher valas para a preparação do terreno, para projetos de drenagem, em obras de fundação, passeio público e contrapisos em geral (PINTO, 1999).

Os exemplos estão cada vez mais presentes na realidade dos grandes centros geradores de resíduo, como o caso da gestão realizada em canteiros de obras de edifícios multipiso na cidade de Recife no estado do Pernambuco. O sistema de gerenciamento de resíduos realizado no município conta com fases distintas, planejamento (que apresenta o treinamento e elabora o projeto específico para cada canteiro que adere a essa logística), implementação (apresentação do projeto) e monitoramento (que garante o acondicionamento inicial e final, bem como a

destinação compromissada dos resíduos e sua reutilização). Este modelo em especial merece destaque devido apresentar compensações financeiras através de análises de custo/benefício, onde apresenta casos em que obras avaliadas, superaram em poucos meses, até 3 vezes o valor investido na implementação do sistema (MEDEIROS, 2007).

## 4 MÉTODO DE PESQUISA

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica como procedimento de investigação para levantar dados relevantes a situação atual no que diz respeito ao planejamento integrado de gestão de resíduos de construção e demolição, bem como das possibilidades de tratamento, reutilização e reciclagem dos resíduos de construção civil de classe A.

Após o levantamento de bibliografia específica publicada, seja em forma de livros, artigos acadêmicos, publicação avulsa e imprensa escrita, foi selecionado o material que serviu de base para a composição da situação a nível municipal do assunto regente.

Posteriormente foi confeccionado alternativas (cenários) possíveis e prováveis (levando em consideração as peculiaridades da realidade local), e aplicado um critério de avaliação para selecionar o modelo que melhor se comportaria a médio e longo prazo, tal critério atribui valores (custos) a cada etapa da gestão desde a forma como procede a coleta a importância que é dada ao material gerado no fim do processo, por fim a hipótese que obteve o melhor custo/benefício foi aceita como a mais acessível de implementação.

Para a quantificação financeira de cada modelo a ferramenta utilizada foi o Sistema Nacional de Pesquisa de Custo e Índices da Construção Civil (SINAPI), que é uma plataforma com gestão compartilhada entre a Caixa econômica federal e o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) que divulga mensalmente custos e índices da construção civil. É padrão dessa ferramenta englobar todos os custos diretos e indiretos dos serviços e produtos, ou seja, leva em consideração encargos trabalhistas, valores agregados a manutenção e depreciação, entre outros. Quando o SINAPI não possuía a informação necessária, a literatura foi a fonte da consulta. Para facilitar a compreensão, os dados finais foram apresentados através de grandezas padronizadas (mensais de cada quesito).

## 5 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Situado na região do Recôncavo Sul, na Microrregião geográfica de Santo Antônio de Jesus, Cruz das Almas tem aproximadamente uma população de 63.299 habitantes, tem área territorial de 145,742 Km<sup>2</sup>, e está localizada a 146 km da capital do estado Salvador (IBGE, 2010).

Componente do recôncavo baiano, Cruz das Almas é uma cidade notável do interior da Bahia, com uma atividade econômica considerável e um aporte cultural intenso, tem sua economia baseada no cultivo e beneficiamento de fumo, bem como na produção de laranja e mandioca. É o único município baiano que comporta um centro de pesquisa da empresa brasileira de pesquisa agropecuária (EMBRAPA), abriga ainda fabricas do polo calçadista e instituições de ensino superior, que por sua vez causam influencias diretas nas atividades relacionadas a construção civil dentro do município. (OLIVEIRA, 2014).

Para atender as diretrizes impostas pela CONAMA de número 307, de julho de 2002, a forma como era abordada o gerenciamento de RCD's no município foi alterada, gerando inclusive uma lei complementar de número 17, de 20 de dezembro de 2010 que elabora um programa de gestão realista a capacidade local, mas ainda assim o processo carece de uma evolução e não é eficaz em sua totalidade, já que parte do RCD coletado acaba tendo como destinação final um aterro sanitário que recebe resíduos dos municípios de Cruz das Almas, Sapeaçu, São Felipe e Conceição do Almeida, o que por sua vez descaracteriza o RCD inviabilizando beneficiamento e reaproveitamento futuro. Existe empresas privadas que atendem a necessidade de coleta e destinação final dos RCD's, que cobram uma taxa maior que a da prefeitura, mas opera com uma destinação final diferente. Durante o processo de adequação do gerenciamento foi criada uma área para o armazenamento exclusivo de RCD que já está desativada (CORREIA et. al., 2012).

Segundo Correia (2012, p 2) entre o período de Maio/2011 à Março/2012 o município coletou 138,83 m<sup>3</sup> em média, e obteve uma arrecadação média de R\$ 926,42. Ou

seja, aproximadamente 140 m<sup>3</sup> por mês são coletados e adicionados inadequadamente no aterro sanitário que atende a localidade.

Para mudar o panorama atual de degradação causado pelos resíduos de construção e demolição na cidade de Cruz das Almas, a reciclagem e o aproveitamento do entulho são ações necessárias (CORREIA et. al., 2012).

## 6 DEFINIÇÃO DOS COMPONENTES DO GERENCIAMENTO DE RCD

### 6.1 COLETA DE RCD

O custo associado a coleta é um requisito importante na determinação do modelo mais interessante para ser adotado, e para isso cada possibilidade deve ser abordada. Existem ferramentas que apresentam o custo de equipamentos, serviços e produtos que são respeitadas e reconhecidas em solo nacional, como o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), tais mecanismos serviram de base para a modelagem os custos aqui apresentados, os custos originais estão em unidades específicas (como hora ou m<sup>3</sup>), que foram padronizados para poderem servir de comparativos (no caso, apresentado como custo mensal).

A coleta direta é a possibilidade mais onerosa mensalmente, carece de um funcionário para guiar o caminhão, um auxiliar para garantir a coleta além de um caminhão basculante (esses componentes sofrem variáveis como manutenção, bonificação salarial, gastos com saúde e reposição profissional, entre outros). Segundo a SINAPI de dezembro de 2015, um caminhão basculante de 10 m<sup>3</sup>, com carga útil máxima de 15.935 tem um custo de R\$ 34,93 por hora, a composição desse custo agrega o motorista com encargos complementares (alimentação, exames, seguro e transporte são alguns dos encargos considerados), e custos referentes à depreciação, juros, impostos e seguro, o valor do combustível não está incluído. Para transformar esse valor em um padrão mensal será necessário fazer as considerações específicas de cada quantitativo, no caso, o caminhão basculante terá sua função associada com a coleta, que no modelo serão efetuadas 2 vezes por semana, levando em consideração a jornada de trabalho de 8 horas diárias, e fazendo uma média de 4 semanas por mês o custo associado apenas do caminhão gira em torno de R\$ 2.235,52. O quadro 6.1 resume esse primeiro quantitativo.

Quadro 6.1: Detalhes da caracterização do quantitativo do caminhão basculante

Insumo	Custo unitário	Unidade	Quantidade	Custo mensal
Caminhão basculante	R\$ 34,93	Hora	8x2x4 = 64	R\$ 2.235,52

Fonte: próprio autor, 2016.

Seguindo a mesma lógica um auxiliar de serviços gerais apresenta um custo de R\$ 9,60 por hora. Para garantir a eficiência da coleta, o quantitativo será realizado utilizando dois funcionários totalizando então R\$ 19,20 por hora de serviço, a composição desse quantitativo segue o padrão do SINAPI e já considera os encargos complementares como: alimentação, transporte, exames, seguro, ferramentas para desenvolver a função (como enxada por exemplo) e os equipamentos de proteção individual (EPI). O tempo de serviço seguirá o raciocínio datado para os custos referente ao caminhão basculante, ou seja, para os dois auxiliares serão necessárias oito horas diárias, duas vezes por semana, em média quatro semanas por mês, totalizando R\$ 1.228,80. O quadro a seguir resume o quantitativo:

Quadro 6.2: detalhes da caracterização do quantitativo dos auxiliares de coleta

<b>Insumo</b>	<b>Custo unitário</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Custo mensal</b>
Dois Auxiliares de coleta	R\$ 19,20	Hora	8x2x4 = 64	R\$ 1.228,80

Fonte: próprio autor, 2016.

O custo do combustível não está associado ao valor do caminhão que executará o serviço, logo é necessário avaliar essa quantificação em adição aos custos já relevados. Em média, será percorrido 30km por dia de coleta, distancia que se justifica tendo como base que de um extremo a outro da zona urbana cidade não se percorre mais do que 10km, (em município que tem território oficial de 150,90km<sup>2</sup>, o que não compreende apenas zona urbana, já que esse valor está associado todo o território do município) (GOOGLEMAPS, 2016), levando em consideração o perímetro urbano, a garagem dos veículos municipais se situa no centro da cidade, o que facilitaria a confecção da rota. A média do custo do litro do combustível diesel na região é de R\$2,75. Um caminhão desse porte, faz em média 3km por litro com velocidade constante compatível com a transição comum no perímetro urbano, logo, por dia de coleta será consumido 10litros de combustível que totalizam R\$ 27,50, o que por sua vez terá um custo mensal de R\$ 220,00 (2 dias de coleta por semana, em média oito dias de coleta por mês). O quadro 6,3 resume esses dados referentes ao consumo de combustível:

Quadro 6.3: Gastos referente ao consumo de combustível

Insumo	Custo unitário	Unidade	Quantidade	Custo mensal
Combustível	R\$ 2,75*	Litro	10x2x4 = 80	R\$ 220,00

Fonte: próprio autor, 2016.

\*Posto Kalilândia Ltda. apresenta o valor de R\$ 2,690 por litro, Petromassa tem o litro a R\$2,370, posto Nordeste R\$2,850 o litro, posto Oásis 2,899 e posto Pau de Léguas R\$ 2,940 por litro de óleo diesel, pesquisa realizada no mês de dezembro de 2015 de forma pessoal.

O quadro a seguir agrupa todos os custos referente a coleta direta:

Quadro 6.4: Quantitativo do modelo de coleta direta

Insumo	Custo unitário	Unidade	Quantidade	Custo mensal
Caminhão basculante	R\$ 34,93	Hora	8x2x4 = 64	R\$ 2.235,52
Dois Auxiliares de coleta	R\$ 19,20	Hora	8x2x4 = 64	R\$ 1.228,80
Combustível	R\$ 2,75	Litro	10x2x4 = 80	R\$ 220,00
				<b>Totalizando R\$ 3.684,32</b>

Fonte: próprio autor, 2016.

Similar a quantificação do custo da coleta direta, para a indireta se faz necessário um caminhão basculante com motorista e auxiliares, a diferença é a diminuição da rota, simplificada apenas ao percurso do transbordo a usina de reciclagem. Esse padrão carece de uma área para receber dos geradores o RCD, a prefeitura já tem posse de áreas que já serviram para algo do tipo, e outras que podem ser aproveitadas para essa finalidade, cabendo apenas o custo de ordenação das mesmas para tal finalidade (como cercas e sinalizações, e ainda um funcionário para organizar a entrada e fiscalizar qualquer atividade na área).

Para a padronização da área de transbordo seria necessário uma cerca com 9 fios de arame de aço ovalado com estaca pré-moldada de concreto armado de 1,8m que

custa R\$ 40,63 por metro (esse modelo atende as necessidades, existem modelos apresentados pelo SINAPI que variam bastante o preço do metro a depender de suas características), assim como placa de sinalização e coisas do tipo que não serão contabilizadas já que o foco do trabalho não é a instalação da usina e sim um modelo viável para a gestão.

Segundo o SINAPI de dezembro de 2015 um vigia custa com todos seus encargos trabalhistas R\$ 10,47 por hora (encargos padrões como os já citados), ou seja, tendo como base que sua jornada de trabalho seria de 5 dias na semana, nas 4 semanas em média que compõe um mês, seu custo mensal seria de R\$ 1.675,20. Resumo das considerações desse funcionário podem ser vistas no quadro a seguir:

Quadro 6.5: Gastos referente ao vigia da área de transbordo

<b>Insumo</b>	<b>Custo unitário</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Custo mensal</b>
Vigia	R\$ 10,47	Hora	8x5x4 = 160	R\$ 1.675,20

Fonte: próprio autor, 2016.

A coleta da área de transbordo a usina reduziria o custo relativo do combustível já que o trajeto será reduzido, e o mesmo se faria necessária apenas durante um dia na semana, os custos associados a coleta se resumem então, seguindo o padrão da coleta direta, a gastos associados ao caminhão basculante e aos auxiliares com a jornada de trabalho reduzida a apenas um dia semanal, o que se caracterizaria da seguinte forma:

Quadro 6.6: Quantitativo parcial da coleta indireta

<b>Insumo</b>	<b>Custo unitário</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Custo mensal</b>
Caminhão basculante	R\$ 34,93	Hora	8x1x4 = 32	R\$ 1.117,76
Dois Auxiliares de coleta	R\$ 19,20	Hora	8x1x4 = 32	R\$ 614,40
Combustível	R\$ 2,75	Litro	10x1x4 =	R\$ 110,00

Fonte: próprio autor, 2016.

Logo o custo total dessa possibilidade é de R\$ 3 517,36 por mês com o caminhão, combustível e mão de obra. Como mostra o quadro a seguir:

Quadro 6.7: Quantitativo do modelo de coleta direta

Insumo	Custo unitário	Unidade	Quantidade	Custo mensal
Vigia	R\$ 10,47	Hora	8x5x4 = 160	R\$ 1.675,20
Caminhão basculante	R\$ 34,93	Hora	8x1x4 = 32	R\$ 1.117,76
Dois Auxiliares de coleta	R\$ 19,20	Hora	8x1x4 = 32	R\$ 614,40
Combustível	R\$ 2,75	Litro	10x1x4 =	R\$ 110,00
				<b>Totalizando R\$ 3.517,36</b>

Fonte: próprio autor, 2016.

Na forma em que a prefeitura não faz nenhum tipo de coleta, e depende diretamente do gerador direcionar seu resíduo a usina de reciclagem não tem nenhum custo agregado, mas também não tem garantias que a usina de reciclagem de RCD receberá constantemente matéria prima para o processo. Essa possibilidade não convém, apesar de uma justificativa financeira.

## 6.2 QUANTIFICAÇÃO DO RCD

Caso a quantificação ocorra por contagem de caminhões ou caçambas que cheguem a usina, esse modelo não absorve nenhum custo direto, a não ser a necessidade de orientação de um funcionário da usina para esta atividade. Tendo em vista que o profissional atenderá a usina em geral, seus encargos financeiros não serão associados diretamente a essa etapa, e caso o fosse seria generalizada a todas as alternativas de quantificação. Um funcionário qualificado para gerir funções organizacionais como entrada e saída de material e ou quantificação básica pode ser tarefa de incumbência de um vigia, não acumularia nada a suas atribuições, apenas se faria necessário o preenchimento de uma planilha com a quantificação dos veículos. Segundo o SINAPI (dados referentes a dezembro de 2015) um vigia como

já citado tem o custo de R\$ 10,47 por hora (logo, R\$ 1.675,20 por mês), com todas as exigências trabalhistas e encargos associados, como é padrão dessa plataforma de quantificação. O quadro 6.5 faz menção a essa quantificação, que é similar a já exemplificada.

Uma balança rodoviária tem um custo elevado e tal empreendimento não carece de uma quantificação tão apurada. Uma balança rodoviária custa em torno de R\$ 18.000,00 apenas o produto, sem instalação ou custos relativos a manutenção (existem diversas empresas nacionais que trabalham com esse tipo de produto, o valor mencionado foi aferido frente a empresa 900i – Balanças para caminhões, seu orçamento foi solicitado para atender as condicionantes da realidade desse projeto). Juntamente com a balança exigiria um funcionário para operação somando pelo menos R\$ 1.675,20 mensais e ainda acima do valor da balança rodoviária deve ser considerado sua manutenção, depreciação e juros. Todos esses custos sem uma justificativa incontestável descaracterizam essa opção no sistema.

Uma forma de gerar a quantificação sem custo agregado é tomar como base material científico publicado que atenda ao panorama desejado.

Sendo assim para a quantificação o quadro a seguir resume as possibilidades:

Quadro 6.8: Quantitativo dos modelos de quantificação

Insumo	Custo unitário	Unidade	Quantidade	Custo total
Quantificação por contagem (Vigia)	R\$ 10,47	Hora	8x5x4 = 160	R\$ 1.675,20
Quantificação estatística	Sem custo associado	-	-	-

Fonte: próprio autor, 2016.

Para a base estática os dados apurados em escala nacional exprimem um valor de 0,584 Kg/hab/dia de geração média no Brasil (ABRELPE, 2013), mas para o município existe um dado mais preciso, não está associado com a geração per capita de Cruz

das Almas, mas sim com a quantidade de resíduo de construção e demolição coletado em média mensal (pesquisa realizada de março de 2011 a março de 2012) que gira em torno de 140m<sup>3</sup> (CORREIA, 2012). Ambas as informações podem servir para gerar dados básicos de estimativas, sendo que para a média de geração nacional tem o agravante de associar uma porcentagem do valor gerado a ser recolhido.

### 6.3 SEGREGAÇÃO DO MATERIAL

Caso seja necessário a segregação na usina, um baixo custo com materiais auxiliares e dois funcionários seriam obrigatórios. Os materiais auxiliares como luvas, vassoura, pás e outros, não teriam um alto custo considerável, já os dois funcionários custariam em torno de R\$ 3 072,00 por mês, como mostra em resumo o quadro a seguir:

Quadro 6.9: Quantitativo dos funcionários para a segregação

Insumo	Custo unitário	Unidade	Quantidade	Custo mensal
Dois Auxiliares para serviços gerais	R\$ 19,20	Hora	8x5x4 = 160	R\$ 3.072,00

Fonte: próprio autor, 2016.

Esses funcionários estão vinculados a jornada de trabalho de 8 horas diárias, durante os 5 dias úteis da semana. Sua função se resumiria a segregação, e serviços gerais.

### 6.4 BENEFICIAMENTO DOS RESÍDUOS COLETADOS

O Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) e outras ferramentas similares não apresentam valores para atividades compatíveis com esse processo, logo foi necessária uma pesquisa de mercado para orçar esse quesito. Nenhuma empresa do segmento forneceu orçamentos para o conjunto de maquinários que atenda às necessidades do processo de reciclagem de resíduos de construção e demolição (como alimentador vibratório magnético, britador específico para essa atividade, e peneira vibratória). Tendo em vista que em todas as alternativas o modelo de produção não sofre alteração, o valor agregado dessa fase será idêntico independente da alternativa selecionada, e seu valor é inerente

basicamente a implementação do sistema, logo, somada as dificuldades orçamentarias, o custo referente a essa etapa será desconsiderado. Como existem benefícios que não serão quantificados, como o aumento da vida útil do aterro sanitário, o custo ignorado dessa seção não acarretará em divergências para a conclusão da alternativa viável.

O único valor a ser considerado nessa etapa será da mão de obra associada com a manutenção e operação dos equipamentos que deve ser considerada já que é um custo permanente e contínuo. Apenas um profissional capacitado é suficiente para gerir esse ciclo. Como não existe um serviço similar no SINAP, foi adaptado a função de operador de guindaste, que carece de um preparo e competência específico, que pode ser associada ao modelo da usina. Tal profissional tem um custo de R\$ 20,61 por hora de trabalho no quantitativo referente ao mês de dezembro de 2015, o que significa R\$ 3.297,60 mensais (segue o padrão dos dados apresentados no SINAPI, sempre com encargos trabalhistas associados), partindo do pressuposto que tal funcionário exerceria sua atividade durante 8 horas diárias e 5 dias na semana. O quadro a seguir resume esse quantitativo:

Quadro 6.10: Quantitativo do funcionário para operação do processo de reciclagem

<b>Insumo</b>	<b>Custo unitário</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Custo mensal</b>
Operador do equipamento de reciclagem de RCD	R\$ 20,61	Hora	8x5x4 = 160	R\$ 3.297,60

Fonte: próprio autor, 2016.

## **6.5 INTENÇÃO FINAL**

Como a intenção final essencialmente é produzir matéria prima para reutilização, ou possibilitar agregar o material reciclado a blocos de concreto ou pré-moldados, promovendo o que rege o normativo consequentemente reduzindo os custos finais de atividades da construção civil, cabe ao modelo duas intenções finais distintas: agregado ou blocos de concreto.

Para o caso de produção único e exclusivamente de agregados, a quantificação seguirá o modelo das outras etapas e seu benefício será compreendido de forma mensal. Com base no dado que no município é coletado 138,83 m<sup>3</sup> mensais em média de RCD, tal valor servirá de base para a confecção dos custos e benefícios desta etapa. Por medida de simplificação 130m<sup>3</sup> será o valor exato das considerações.

Segundo o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI em específico o de dezembro de 2015) o custo do metro<sup>3</sup> de areia gira em torno de R\$ 31,57 levando em conta todas as considerações necessárias que giram em torno da produção e transporte da mesma. Já para os custos dos processos de reciclagem foram datados os produtos finais, os mesmos apresentam um bônus de R\$ 72,00 por m<sup>3</sup>, ou seja, mensalmente em média o processo de reciclagem de RCD para essa finalidade trará um benefício de aproximadamente R\$ 9 360,00, se mantido os padrões baixos atuais do sistema de coleta. Em resumo das considerações o quadro a seguir:

Quadro 6.11: Quantitativo dos benefícios da produção de agregado

<b>Insumo</b>	<b>Custo unitário</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Benefício mensal</b>
Agregado reciclado	R\$ 72,00	Metro <sup>3</sup>	130	R\$ 9.360,00

Fonte: próprio autor, 2016.

Já para a produção de blocos de concreto reutilizando matéria prima produzida a partir da reciclagem de RCD, careceria de uma estrutura para sua produção como uma usina de concreto dentro da usina de reciclagem de RCD, o que logicamente tem um custo associado, mas o benefício desse modelo será maior do que apenas aproveitar o agregado.

O SINAP de dezembro de 2015 apresenta um custo de R\$ 64,21 por hora de uma usina de concreto fixa com uma capacidade que atende a realidade deste projeto (como é padrão da SINAP, já associado todos os valores a essa atividade, como mão de obra e depreciação por exemplo).

O bloco de concreto produzido terá a dimensão 14x19x39cm<sup>3</sup>, um padrão popular, sua produtividade gira em torno de 25 a 30m<sup>3</sup>/dia.homem, com um custo de R\$ 1,90 por unidade do bloco e R\$ 26,31 por m<sup>3</sup> (PRONTOMIX, 2016). Com esses dados é possível vincular a produção da usina a um custo de R\$ 10.273,60, relativo a jornada de trabalho com base no valor por hora da usina de concreto (R\$ 64,21) e um benefício associado em torno de R\$ 15.786,00 mensais (levando em consideração a produção de 30m<sup>3</sup>/dia.homem com jornada de trabalho de 8horas diárias e 5 dias na semana). O quadro a seguir exemplifica tais considerações:

Quadro 6.12: Quantitativo dos custos e benefícios da produção de blocos de concreto através de resíduo de RCD reciclado

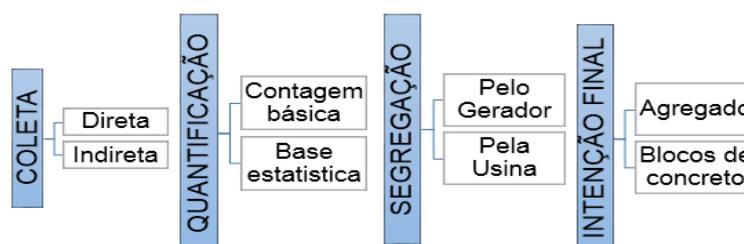
Insumo	Custo unitário	Unidade	Quantidade	Valor mensal
Usina de concreto	R\$ 64,21	Hora	8x5x4 = 160	Custo de R\$ 10.273,36
Bloco de concreto	R\$ 26,31	Metro <sup>3</sup>	30x5x4 = 600	Benefício de R\$ 15.786,00
				Totalizando um benefício de <b>R\$ 5.512,64</b>

Fonte: Próprio autor, 2016.

## 6.7 COMPOSIÇÃO DAS ALTERNATIVAS

As alternativas serão criadas mesclando as possibilidades, e para facilitar cada opção terá uma sigla simplificando a compreensão. A figura a seguir ilustra as possibilidades que serão mescladas para gerar os senários:

Figura 6.1: Componentes dos elementos do gerenciamento de RCD



Fonte: Próprio autor, 2016.

Na figura apresentada anteriormente, só estão representadas as possibilidades das alternativas que foram consideradas, vale ressaltar que existem outras opções que não foram citadas dentre as componentes como por exemplo o modelo em que não há coleta declarada e a quantificação através de balança rodoviária por não serem pertinentes ao presente trabalho, e notável ainda a ausência do elemento relativo ao processo de produção, sua justificativa se dá por ser único e comum a todos. O quadro a seguir detalha cada alternativa dentro de cada fase e intitula uma referência associada:

Quadro 6.13: Composição e referência de cada alternativa

<b>COMPOSIÇÃO</b>	<b>TIPO</b>	<b>CUSTO OU BENEFÍCIO (Mensal)</b>	<b>REFERÊNCIA</b>
Coleta	Coleta direta	R\$ 3.684,32	C1
Coleta	Coleta indireta	R\$ 3.517,36	C2
Quantificação	Contagem de caminhões/ ou caçambas	R\$ 1.675,20	Q1
Quantificação	Balança	Alto custo, desconsiderado	-
Quantificação	Base estatística	Sem custo	Q2
Segregação	Manual realizada pelo gerador	Sem custo	S1
Segregação	Manual realizada pela Usina	R\$ 3.072,00	S2
Produção	Maquinário básico necessário	R\$ 3.297,60	P1
Intenção final	Reutilização como agregado	Benefício: R\$ 9.360,00	I1
Intenção final	Produção de bloco de concreto	Custo: R\$ 10.273,60 Benefício: R\$ 15.786,00	I2

Fonte: Próprio autor, 2016.

Após todas as considerações feitas e datadas como mostrou o quadro anterior, as possibilidades dos cenários figuram a combinação entre as alternativas, ou seja, cada hipótese será composta por uma variável de cada etapa, onde nenhuma alternativa contenha os mesmos elementos em sua totalidade.

O quadro a seguir explana sobre a peculiaridade de cada cenário, contendo o título de sua alternativa (as possibilidades foram nomeadas de 1 a 16 para facilitar sua identificação), a composição de sua peculiaridade (levando em consideração a referência de cada etapa), seu custo total associado e ainda a relação custo/benefício de cada componente.

Quadro 6.14: Custo característico de cada alternativa bem como suas peculiaridades

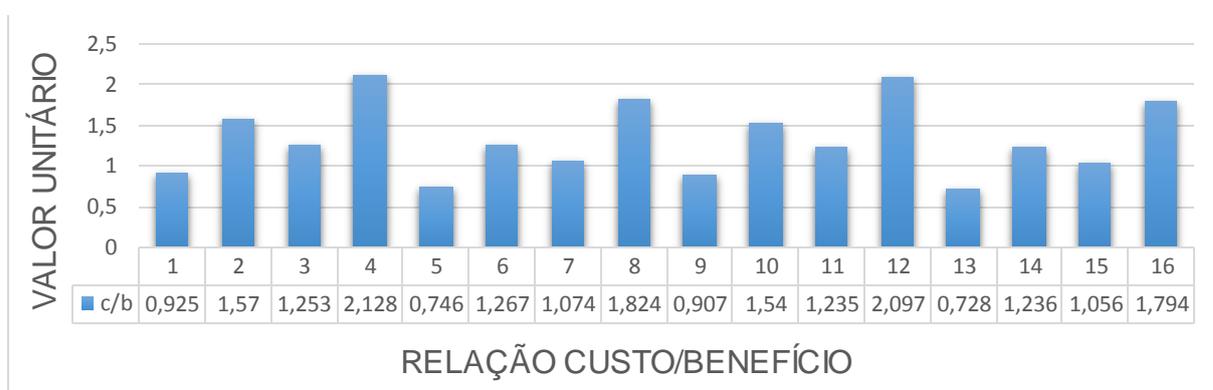
<b>ALTERNATIVA</b>	<b>PARTICULARIDADE</b>	<b>CUSTO TOTAL R\$ (Mensal)</b>	<b>CUSTO/ BENEFICIO</b>
A1	C1 + Q1 + S1 + P1 + I1	-702,88	0,92
A2	C1 + Q1 + S1 + P1 + I2	3.144,72	1,57
A3	C1 + Q1 + S2 + P1 + I1	2.369,12	1,25
A4	C1 + Q1 + S2 + P1 + I2	6.216,72	2,12
A5	C1 + Q2 + S1 + P1 + I1	-2.378,08	0,74
A6	C1 + Q2 + S1 + P1 + I2	1.469,52	1,26
A7	C1 + Q2 + S2 + P1 + I1	693,92	1,07
A8	C1 + Q2 + S2 + P1 + I2	4.541,52	1,82
A9	C2 + Q1 + S1 + P1 + I1	-869,84	0,90
A10	C2 + Q1 + S1 + P1 + I2	2.977,76	1,54
A11	C2 + Q1 + S2 + P1 + I1	2.202,16	1,23
A12	C2 + Q1 + S2 + P1 + I2	6.049,76	2,09
A13	C2 + Q2 + S1 + P1 + I1	-2.545,04	0,72
A14	C2 + Q2 + S1 + P1 + I2	1.302,56	1,23
A15	C2 + Q2 + S2 + P1 + I1	526,96	1,05
A16	C2 + Q2 + S2 + P1 + I2	4.374,56	1,79

Fonte: próprio autor, 2016.

Nota-se que as alternativas A1, A5, A9 e A13 apresentaram custos negativos, isso indica que as mesmas produzem benefícios em vez de gastos para promover a atividade de reciclagem de RCD em tais cenários propostos, outra justificativa dessa afirmação se dá pela relação custo/benefício ser menor que 1, reforça o fato dos benefícios serem maiores que os custos das hipóteses mencionadas.

O gráfico a seguir mostra de forma visual a relação custo/benefício de cada alternativa:

Gráfico 6.1: Relação custo/benefício de cada alternativa



Fonte: próprio autor, 2016.

Fica claro as alternativas que proporcionam um cenário viável economicamente, uma vez que sua atividade não está associada com custos mensais de operação. Tais alternativas são as que apresentam relação custo benefício, no caso a alternativa A1 (que promove coleta direta, quantificação através de contagem dos caminhões ou caçambas que são adicionados na usina, segregação do material promovido pelo gerador, ou seja, sem custos associados a essa fase por parte da gestão da usina que para essa alternativa tem como intenção final o reaproveitamento direto do agregado reciclado produzido), A5 (que apresenta como única diferença da alternativa A1 o fato de promover a quantificação baseada em dados estatísticos, sem custos agregados), A9 (que difere do primeiro cenário apenas no fato de realizar a coleta de forma indireta) e o modelo A13 (que além de promover a coleta indireta, propõe a quantificação com base na literatura científica e dados estatísticos, sendo o resto do modelo comum a hipótese A1). Essas alternativas têm em comum as exigências quanto a segregação realizada pelo gerador do resíduo e como intenção final a utilização do agregado de forma direta, sem a produção de blocos de concreto.

O quadro a seguir mostra de uma forma mais detalhada os custos e benefícios separados de cada alternativa bem como a relação entre eles, em destaque os modelos mais economicamente viáveis:

Quadro 6.15: Custo e Benefício de cada alternativa e relação custo/benefício

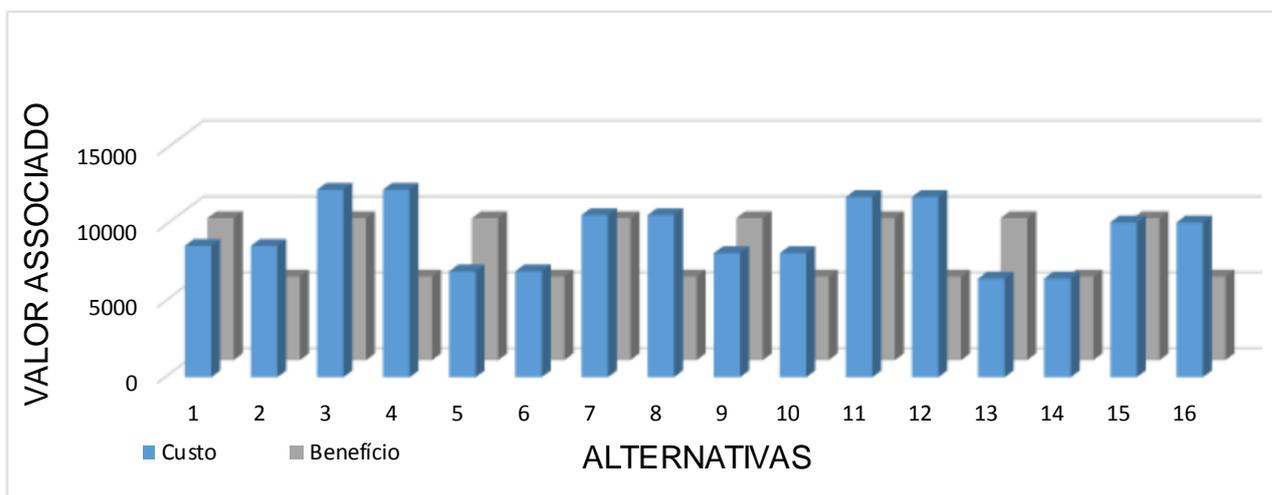
ALTERNATIVA	CUSTO (R\$)	BENEFÍCIO (R\$)	CUSTO/BENEFÍCIO
<b><u>A1</u></b>	<b><u>8.657,12</u></b>	<b><u>9.360,00</u></b>	<b><u>0,92</u></b>
A2	8.657,12	5.512,40	1,57
A3	11.729,12	9.360,00	1,25
A4	11.729,12	5.512,40	2,12
<b><u>A5</u></b>	<b><u>6.981,92</u></b>	<b><u>9.360,00</u></b>	<b><u>0,74</u></b>
A6	6.981,92	5.512,40	1,26
A7	10.053,92	9.360,00	1,07
A8	10.053,92	5.512,40	1,82
<b><u>A9</u></b>	<b><u>8.490,16</u></b>	<b><u>9.360,00</u></b>	<b><u>0,90</u></b>
A10	8.490,16	5.512,40	1,54
A11	11.562,16	9.360,00	1,23
A12	11.562,16	5.512,40	2,09
<b><u>A13</u></b>	<b><u>6.814,96</u></b>	<b><u>9.360,00</u></b>	<b><u>0,72</u></b>
A14	6.814,96	5.512,40	1,23
A15	9.886,96	9.360,00	1,05
A16	9.886,96	5.512,40	1,79

Fonte: próprio autor, 2016.

Vale ressaltar as alternativas A7 e A14 que apresentam respectivamente uma relação Custo/Benefício próximo ao ideal, podendo ser possibilidades relevadas, caso algum polimento efetivo consiga abaixar esse índice. O modelo proposto pela possibilidade intitulada A14 é a única dentre as prováveis que tem como intenção final a produção de blocos de concreto (é constituída por coleta indireta, quantificação com bases estatísticas, segregação executada por parte do gerador do RCD além da atividade de produção de blocos de concreto a partir de agregados reciclados).

Para facilitar a compreensão os custos estão apresentados em paralelo aos benefícios de cada alternativa no gráfico a seguir, estando os custos em destaque e os respectivos benefícios de cada modelo subsequente.

Gráfico 6.2: comparativo entre custos e benefícios de cada alternativa



Fonte: próprio autor, 2016.

Como é destacado, as alternativas que apresentam um benefício maior que o custo de realização são: 1, 5, 9 e 13. Não existe grande variação entre essas alternativas, diferem entre si apenas pela forma como é tratada a coleta (direta ou indireta) e o padrão como é abordada a segregação do material a ser reciclado, vale ressaltar que ambas não promovem a produção de blocos de concreto ao fim do ciclo da reciclagem e sim utilizam o produto gerado de forma direta.

## 7 CONCLUSÃO

Algumas alternativas se mostraram interessantes, já que os benefícios foram maiores que os custos. As possibilidades que apresentam melhor cenário são as alternativas A1, A5, A9 e A13. Entre tais opções a grande semelhança é a intenção final da usina, que é comum a todas a reutilização como agregado. A instalação de uma central de concreto para a produção de bloco de concreto não se tornou viável possivelmente pela realidade local, que não proporciona produção suficiente para justificar esse modelo de investimento.

Nos modelos A1 e A3 está presente a coleta direta, já nos modelos A9 e A13 compõe a coleta indireta. A gestão tem a maleabilidade de encaixar o padrão que melhor convém (ressaltando que para a coleta indireta existe o custo de adaptação inicial da área de transbordo).

A oportunidade que apresenta a melhor relação custo/benefício é a A13, que promove coleta indireta, usa bases estatísticas presente na literatura para quantificar o RCD gerado e exige a segregação realizada pelo gerador, o que não impede de levar em consideração as outras opções destacadas como parte do plano de gerenciamento dos RCD's da situação local.

Alguns benefícios associados a implementação de uma usina de reciclagem de resíduos de construção e demolição de classe A para o município de Cruz das Almas não foram quantificados, como por exemplo o aumento da vida útil do aterro sanitário que atende a cidade, assim como custos iniciais de implementação, partindo do pressuposto que exista a carência de adquirir certos bens, como caminhões para a coleta. É destacada a relevância de adicionar essas composições em projetos futuros.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

\_\_\_\_\_. Lei Federal no 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 2 ago. 2010a.

ABRELPE. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. São Paulo: 2013.

ARCANJO, V.S; TEIXEIRA, A.L.F. Cenário Do Gerenciamento Dos Resíduos Da Construção e Demolição (RCD) Em Uberaba-Mg. Uberaba, 2012.

BERNARDES, A et al. QUANTIFICAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO COLETADOS NO MUNICÍPIO DE PASSO FUNDO, RS. Passo Fundo, 2008.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 307, de 05 de julho de 2002. Diretrizes e procedimentos para gestão dos resíduos de construção. Brasília: MMA/CONAMA 2002.

CORRÊA, B. C. et. al., Viabilidade de implantação de uma usina de reciclagem da construção civil na cidade de São José dos Campos/SP. São José dos Campos, 2011.

CORREIA, M, S, S, et al. ASPECTOS ECÔMICOS, AMBIENTAIS E ENERGÉTICOS DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD´s) NO MUNICÍPIO DE CRUZ DAS ALMAS – BAHIA, Cruz das Almas, 2012.

DARIO, R, et al. Os Resíduos da Construção Civil e Suas Implicações Socioambientais e Econômicas na Cidade De Fortaleza – CE. Porto Alegre, 2009.

DIAS, M. E. O. et. al. Diagnostico da geração e da composição dos RCD de Fortaleza/CE. Fortaleza, 2011.

DISKENTURLHOS. Disponível: <<http://www.diskentulhos.com.br/servicos.php>>. Acessado dia 27 de fevereiro de 2016.

ECOATITUDE. Disponível em: <<http://comunidade.maiscomunidade.com/>>. Acessado: 27 de fevereiro de 2016.

ECOBRIIT. Disponível em: <<http://www.ecobrit.com.br/como.php>>. Acessado: 27 de fevereiro de 2016.

ENGENHAFRANK. Disponível: <<http://engenhafrank.blogspot.com.br/2015/02/processamentos-padrao-e-itens-que.html>>. Acessado: dia 27 de fevereiro de 2016.

FAGUNDES, L. et al. A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 1986-2008. Porto Alegre, 2009.

GOOGLEMAPS. Disponível: <<https://www.google.com.br/maps/dir/-12.6851717,-39.0857407/-12.6504934,-39.1510123/@-12.6683289,-39.1278863,13.75z/data=!4m2!4m1!3e2>>. Acessado em: 28 de fevereiro de 2016.

GROHMANN, M. Z. Redução do desperdício na construção civil: levantamento das medidas utilizadas pelas empresas em Santa Maria. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 1998, Niterói. Anais do XVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 1998.

IBGE – instituto brasileiro de geografia e estatística, disponível em <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=290980>> acessado 14 de novembro de 2015.

IPEA - Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Construção Civil, IPEA, Brasília, 2012.

IPT/CEMPRE. Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado. 2 ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2000, 370p.

JAUMIREQUIPAMENTOS disponível: <<http://jaumirequipamentos.comunidades.net>>. Acessado: dia 27 de fevereiro de 2016.

KARPINSK, L. A. et al. Gestão diferenciada de resíduos da construção civil: uma abordagem ambiental. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2009.

MAPRE. Disponível: < <http://mapreequipamentos.com.br/alimentador-vibratorio/>>. Acessado: dia 27 de fevereiro de 2016.

MARQUES NETO, J da C. (2004) GESTÃO DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO NO BRASIL. São Paulo, 2004.

MECALUX. Disponível: <<https://www.logismarket.ind.br/ital/separadores-eletromagneticos/3202278417-1438765582-p.html>>. Acessado: dia 27 de fevereiro de 2016.

MEDEIROS, P. C. S. Gestão de Resíduos da Construção Civil em Canteiros de Obras de Edifícios Multipiso na Cidade do Recife/PE. João Pessoa, 2007.

MIRANDA, L. F. R. et. al. A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 1986 – 2008. Porto Alegre, 2009.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/poI%C3%ADtica-de-res%C3%ADduos-s%C3%B3lidos>> acessado: 15 de julho de 2015.

MOREIRA, E, C, D. Gerenciamento de resíduos na construção civil. São Paulo, 2007.

NOCITO, G; MACHADO, V. Análise de viabilidade econômica de usinas de reciclagem de resíduos de construção e demolição civil a partir de sistemas dinâmicos. Rio de Janeiro, 2013.

OLIVEIRA, D et al. CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE DA FEIRA LIVRE DE CRUZ DAS ALMAS-BA SOB A ÓTICA DO PLANEJAMENTO E GESTÃO MUNICIPAL. Caminhos de geografia – revista online. Uberlândia, 2014.

PINTO, T. P. Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana. São Paulo, 1999.

PINTO, T. P.; GONZÁLES, J. L. R. Manejo e gestão de resíduos da construção civil. Brasília: CEF, 2005. v. 1. 196 p. (Manual de orientação: como implantar um sistema de manejo e gestão nos municípios, v. 1).

PRONTOMIX. Disponível: <<http://prantomix.blogspot.com.br/2012/10/comparati-vo-de-custos-entre-alvenaria.html>>. Acessado: 27 de fevereiro de 2016.

RAMOS, M. A. et. al. O gerenciamento dos resíduos sólidos da construção civil e de demolição no município de belo horizonte. Florianópolis, 2014.

RECESA, Resíduos Sólidos: gerenciamento e reciclagem de resíduo de construção e demolição – RCD: guia do profissional em treinamento: níveis 1 e 2 / Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org). – Salvador: ReCESA, 2008.

SindusCon-SP “Gestão Ambiental de Resíduos da Construção Civil -A experiência do SindusCon-SP, São Paulo, 2005”, disponível em: <[http://www.sindusconsp.com.br/downloads/prodserv/publicacoes/manual\\_residuos\\_solidos.pdf](http://www.sindusconsp.com.br/downloads/prodserv/publicacoes/manual_residuos_solidos.pdf)>. Acessado em 10 de outubro de 2014.

SOUZA, U.E.L. de et. al., Diagnóstico e combate à geração de resíduos na produção de obras de construção de edifícios: uma abordagem progressiva. Ambiente Construído, v.4, nº 4, p.33-46, 2004.

SUZUKI, R. L.; LIMA, R.R.R. Guia para Elaboração de Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil. Paraná, 2012.

USIFORT. Disponível em: <<http://www.usifort.com.br/galeriadefotos.php?galeria=23&pagina=10&#gal>>. Acessado: 27 de fevereiro de 2016.

VIEIRA, J. B. J; ROMANEL, C. Sustentabilidade na indústria da construção: uma logística para reciclagem dos resíduos de pequenas obras. Revista Brasileira de Gestão Urbana (Brazilian Journal of Urban Management), v. 5, n. 2, p. 27-37, jul./dez. 2013.