



Universidade Federal da Bahia

Escola Politécnica

Adriana Virgínia Santana Melo

DIRETRIZES PARA A PRODUÇÃO DE AGREGADO
RECICLADO EM USINAS DE RECICLAGEM DE
RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Salvador – BA

2011

Adriana Virgínia Santana Melo

DIRETRIZES PARA A PRODUÇÃO DE AGREGADO
RECICLADO EM USINAS DE RECICLAGEM DE
RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Dissertação apresentada ao Mestrado em Engenharia Ambiental Urbano da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Emerson de Andrade Marques Ferreira

Salvador – BA

2011

M528 Melo, Adriana Virgínia Santana

Diretrizes para a produção de agregado reciclado em usinas de reciclagem de resíduos da construção civil / Adriana Virgínia Santana Melo. Salvador, 2011.

232 f. : Il. Color

Orientador: Prof. Dr. Emerson de Andrade Marques Ferreira

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal da Bahia. Escola Politécnica, 2011.

1. Agregado Reciclado. 2. Usina de Reciclagem. 3. Resíduos da Construção Civil. I. Ferreira, Emerson de Andrade Marques. II. Universidade Federal da Bahia. III. Título.

ADRIANA VIRGÍNIA SANTANA MELO

DIRETRIZES PARA A PRODUÇÃO DE AGREGADO RECICLADO EM
USINAS DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Ambiental Urbana.

Salvador, 24 de março de 2011

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Emerson de Andrade Marques Ferreira
Universidade Federal da Bahia – UFBA



Profa. Dra. Dayana Bastos Costa
Universidade Federal da Bahia – UFBA



Prof. Dr. Ubiraci Espinelli Lemes de Souza
Universidade de São Paulo – USP



a Hugo Daniel

AGRADECIMENTOS

São tantos e especiais...

Aos entrevistados pela atenção, tempo dispensado e cuidado com que se dedicaram a interagir comigo, em particular, na LIMPURB, a Ana Vieira, Rosa Amália, Raimunda e Antônio; na SEFAZ-BA a Guilherme Teixeira Rocha e Otávio Luiz Gaino; no DNPM, a Marco Freire; na MAQBRIT, a Nilson Zuim Pinar; na URCD-São Luiz, a Antônio Carlos e Givaldo Ferreira; na USIFORT, a Rodrigo Botelho, Joaquim, Moura e Viviane; na USIBEN, a Francisco Cosmo dos Santos Neto; na CTR, a Fábio Lópes e Romália Negreiros.

Aos amigos de caminhada Átila, Fátima, Glauber, Joana, Tony e Maiara, muito obrigada pela companhia e carinho de vocês para comigo.

Ao Prof. Sandro Lemos pela presteza e atenção com que sempre atendeu aos meus pedidos. Obrigada pelas orientações dadas.

A Alice (MEAU), Adriana (DCE) e Lori (DCE) pelas conversas que contribuíram muito e ajudaram na minha adaptação na Escola Politécnica.

A Rubens, Jorge, Edi, Ângela, Geni e Nadja pelo apoio, torcida e alegria com que me acolheram em seus lares.

Aos amigos Wellington Carvalho Vilar, Jânia Reis, Euler Wagner, Heni Mirna, Laerte Fonseca pelo companheirismo e persistência em incentivar meu crescimento intelectual.

Ao Prof^o Ricardo Carvalho e a Prof^a Dayana Bastos, que sempre puderam me ouvir, orientar, sorrir e provocar em mim a sensação de que posso muito mais.

Ao Prof^o Emerson Ferreira, que me acompanhou, respeitando minhas escolhas e lembrando-me dos riscos de tê-las feito. Agradeço ao cuidado de me tornar atenta ao caminho a percorrer. Obrigada pela confiança e incentivo.

A todos os amigos do Raio de Luz ... pela “Luz”. A Minha Família, a Vladimir pelo carinho com que realizou a revisão ortográfica. A Dinho, por me fazer perceber os obstáculos existentes.

Em especial aos meus *Pais*, sem vocês não teria sido contagiante, alegre e suave. Muito Obrigada.

“Penso sobre isso o dia todo e então, à noite, digo a mim mesmo:
De onde vim? Por que estou aqui? O que eu deveria estar fazendo?
Não sei. Minha alma vem de outro lugar, e pretendo encontrar-me
novamente nesse outro lugar.”

Jalal Ud Din Rumi

MELO, Adriana Virgínia Santana. Diretrizes para a produção de agregado reciclado em usinas de reciclagem de resíduos da construção civil. 232f. il. 2011. Dissertação (Mestrado) Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011.

RESUMO

A construção civil é uma indústria que demanda elevado consumo de recursos naturais e apresenta necessidade de integração de suas práticas para a prevenção, reuso e reciclagem dos resíduos gerados. Quando reciclados, os Resíduos da Construção Civil (RCC) devem se destinar ao melhor aproveitamento da sua composição mineral. As usinas de reciclagem de RCC no Brasil produzem agregado reciclado com elevada variabilidade mineral, limitando seu emprego e inserção como material de construção que substitua o recurso natural. Este trabalho tem como objetivo propor diretrizes para a produção de agregado reciclado em usinas de reciclagem de RCC a partir dos condicionantes de produção e da avaliação das usinas de reciclagem de RCC da região Nordeste do Brasil. O trabalho foi dividido em três etapas, com a revisão literária sendo utilizada como suporte aos dois estudos de caso. Na primeira etapa, se realizou visitas às usinas de reciclagem de RCC da região Nordeste buscando as interferências na produção do agregado reciclado e as situações de conformidade à norma brasileira. A segunda etapa foi desenvolvida na Cidade do Salvador. Nela, se caracterizou a Gestão dos RCC, a estimativa de geração de RCC e o consumo de agregado natural. Como resultados, são apresentadas as recomendações para a produção de agregado reciclado e as particularidades da produção para a Cidade do Salvador. Por outro lado, são sugeridas proposições para redirecionamento das diretrizes brasileiras existentes de modo a permitirem o adequado aproveitamento mineral visando à melhor empregabilidade do produto reciclado.

Palavras-chave: Agregado reciclado; Usina de Reciclagem; Resíduo da Construção Civil.

MELO, Adriana Virgínia Santana. Guidelines for the production of recycled aggregate in recycling plants construction waste. 232f. il. 2011. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011.

ABSTRACT

The civil construction is an industry that demands high natural resources consume and it shows need of integration of its practices for prevention, re-use, and recycling of generated residues. When recycled, the construction and demolition waste (C&D) must be intended to better use of its mineral composition. The C&D recycling plants in Brazil produces recycled aggregate with high mineral variability, limiting its usage and insertion as construction material that substitutes the natural resource. This work has as objective to propose guidelines for the recycled aggregate production at C&D recycling plants. For this purpose, the production constraints and evaluation of the C&D recycling plants from the Northeast region were analyzed. The work was divided in two parts. In these parts the literary review was used as a support for the case studies. The first part consisted of several visits to the C&D recycling plants in the Northeast region in Brazil searching for production interferences and conformity to the Brazilian standards. The second part, developed at the city of Salvador, characterized the C&D management, estimated their C&D creation and the natural aggregate consume. As a result recommendations were presented regarding the recycled aggregate production and the idiosyncrasies of the production in Salvador. Furthermore, recommendations were made to adjust the current Brazilian guidelines in a way to allow the adequate mineral harnessing, with the ultimate goal of better using the recycled product.

Keyword: Recycled Aggregate; Recycling Plant; Construction and Demolition Waste.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01.	Cadeia da produção de materiais da construção civil	34
Figura 02.	Distribuição do RCC pela finalidade da obra	37
Figura 03.	Caçambas estacionárias no meio urbano	38
Figura 04.	Armazenagem de RCC em Caçambas	38
Figura 05.	Seção transversal britador de mandíbula sobre chassi com acessórios	45
Figura 06.	Processo de beneficiamento do agregado reciclado de alta qualidade	46
Figura 07.	Método de controle em usina na Europa	47
Figura 08.	Unidades de reciclagem de RCC por região do Brasil	52
Figura 09.	Unidades de reciclagem de RCC do Brasil x Atividade produtiva	52
Figura 10.	Interferências das usinas no agregado reciclado	61
Figura 11.	Delineamento da pesquisa	66
Figura 12.	Fluxograma de usina de reciclagem brasileira	74
Figura 13.	Dispositivo de molhagem da usina “B” instalado na área de acesso da balança	75
Figura 14.	Vegetação em área de disposição de RCC	76
Figura 15.	Área para armazenagem de agregado reciclado	76
Figura 16.	Cerca verde: Sabiá - Usina “A”	76
Figura 17.	Cerca verde: Eucalipto - Usina “A”	76
Figura 18.	Baixa densidade da vegetação - Usina “A”	80
Figura 19.	Baixa densidade da vegetação - Usina “C”	80
Figura 20.	Controle na entrada do RCC na Usina “A”	82
Figura 21.	Controle na entrada do RCC na Usina “D”	82
Figura 22.	Controle de transporte de resíduo (CTR)	83
Figura 23.	Veículo com RCC e CTR para Classe A	83
Figura 24.	Detalhe do CTR preenchido	83
Figura 25.	Placa do veículo	83
Figura 26.	Armazenagem de RCC – usina “D”	84
Figura 27.	Armazenagem de RCC – usina “C”	84
Figura 28.	Área destinada à armazenagem de resíduos - Usina “C”	86
Figura 29.	Área destinada à armazenagem de resíduos - Usina “C”	86
Figura 30.	Triagem manual na Usina “D”	87

Figura 31.	Triagem manual na Usina “C”	87
Figura 32.	Modelo de separador magnético utilizado	88
Figura 33.	Modelo de separador magnético utilizado	88
Figura 34.	Coleta, espalhamento de RCC e triagem manual de resíduo - Usina “C”	88
Figura 35.	Coleta, espalhamento de RCC e triagem manual de resíduo - Usina “D”	88
Figura 36.	Descontinuidade na alimentação da bandeja de vibração do britador	89
Figura 37.	Descontinuidade na alimentação da bandeja de vibração do britador	89
Figura 38.	Resíduo segregado após britamento	89
Figura 39.	Triagem após britamento	89
Figura 40.	Acesso do RCC a britar	91
Figura 41.	Martelo em vista lateral	91
Figura 42.	Alimentador Vibratório	98
Figura 43.	Transportador de correia móvel	98
Figura 44.	Ímã permanente automático – Usina “B”	99
Figura 45.	Sistema anti-pó – Nebulizador – Usina “B”	99
Figura 46.	Peneiras vibratórias	99
Figura 47.	Espalhamento de RCC para triagem – Usina “D”	100
Figura 48.	Nivelamento da pilha de RCC na área de armazenagem – Usina “C”	100
Figura 49.	Alimentação do britador – Usina “C”	100
Figura 50.	Espalhamento da pilha de agregado reciclado – Usina “C”	100
Figura 51.	Carregamento de veículo com agregado reciclado	100
Figura 52.	Layout da Área total – Usina “A”	101
Figura 53.	Layout – Operação da usina “A”	102
Figura 54.	Layout – Operação da usina “B”	103
Figura 55.	Layout – Operação da usina “C”	104
Figura 56.	Layout da Área total – Usina “D”	105
Figura 57.	Layout – Operação da usina “D”	106
Figura 58.	RCC na usina “A”	108
Figura 59.	RCC na usina “C”	108
Figura 60.	RCC na usina “B”	108
Figura 61.	RCC na usina “D”	108
Figura 62.	Agregado reciclado da usina “B”	109
Figura 63.	Agregado reciclado da usina “D”	109

Figura 64.	Alternativa de ampliação das áreas de armazenagem – Usina “D”	110
Figura 65.	Alternativa de ampliação das áreas de armazenagem – Usina “C”	110
Figura 66.	Alternativa de ampliação das áreas de armazenagem – Usina “C”	111
Figura 67.	Armazenagem na Usina “B”	111
Figura 68.	Armazenagem na Usina “D”	111
Figura 69.	Armazenagem em baias – Usina “C”	112
Figura 70.	Vista anterior da baía – Usina “C”	112
Figura 71.	Queda do agregado reciclado de concreto – Usina “C”	112
Figura 72.	Armazenagem de resíduo nas usinas	112
Figura 73.	Armazenagem de resíduo nas usinas	112
Figura 74.	Madeira triturada em pilhas de compostagem	112
Figura 75.	Armazenagem de resíduos na área interna das usinas	113
Figura 76.	Armazenagem de resíduos na área interna das usinas	113
Figura 77.	Armazenagem de materiais para reuso	113
Figura 78.	Armazenagem de resíduos na área interna das usinas	113
Figura 79.	Armazenagem de resíduos na área interna das usinas	114
Figura 80.	Armazenagem de resíduos na área interna das usinas	114
Figura 81.	Armazenagem e beneficiamento de resíduos na área interna das usinas	114
Figura 82.	Armazenagem de resíduos na área interna das usinas	114
Figura 83.	Armazenagem e beneficiamento do resíduo na área interna das usinas	114
Figura 84.	Beneficiamento do resíduo na área interna das usinas	114
Figura 85.	Indicadores das usinas avaliadas	118
Figura 86.	Fluxograma do funcionamento dos PDEs e BDEs	121
Figura 87.	PDE – Layout proposto pela LIMPURB em 2007	122
Figura 88.	Localização dos pontos e bases da Cidade do Salvador, núcleo de limpeza	123
Figura 89.	Disposição de RCC – Salvador – Rio Vermelho	125
Figura 90.	Disposição de RCC – Salvador – Vale da Muriçoca	125
Figura 91.	PDE (NL 07) Rua Sérgio de Carvalho – Vale da Muriçoca	126
Figura 92.	PDE (NL 07) Rua Sérgio de Carvalho – Vale da Muriçoca	126
Figura 93.	PDE (NL 08) Rua Wanderley Pinto – Itagira	126
Figura 94.	PDE (NL 08) Rua Wanderley Pinto – Itagira	126
Figura 95.	PDE (NL 04) Av. San Martin, acesso pela Rua do Forno	126

Figura 96.	PDE (NL 04) Av. San Martin, acesso pela Rua do Forno	126
Figura 97.	Disposição de RCC em via pública	127
Figura 98.	Serviço de Limpeza pública – Coleta de RCC	127
Figura 99.	Participação do pequeno gerador para disposição nos PDE	127
Figura 100.	Tipologia das obras x Geração de RCC (2009 – 2010)	129
Figura 101.	Canteiro da Arena Fonte Nova em 15/09/10 às 15h 27 min	134
Figura 102.	Canteiro da Arena Fonte Nova em 18/10/10 às 17h 45 min	134
Figura 103.	Estimativa da geração de RCC em Salvador	134
Figura 104.	Distribuição da geração de RCC em Salvador	135
Figura 105.	Quantitativo de obras do PGRCC sem informação da área total construída	137
Figura 106.	Empresas de transporte de RCC em Salvador	137
Figura 107.	Geração subestimada de RCC em Salvador	139
Figura 108.	Evolução dos financiamentos habitacionais no Brasil	139
Figura 109.	Consumo de areia per capita	140
Figura 110.	Distribuição do consumo de brita por setor	142
Figura 111.	Distribuição setorial da brita na região metropolitana do Salvador	142
Figura 112.	Fluxo da GRCC proposta para Salvador	151

LISTA DE QUADROS

Quadro 01.	Relação das normas brasileiras referentes ao RCC	23
Quadro 02.	Municípios brasileiros <i>versus</i> Legislação sobre RCC	33
Quadro 03.	Diretrizes para reuso e reciclagem do RCC em alguns países	40
Quadro 04.	Unidades de reciclagem de RCC desativadas no Brasil até novembro de 2008	53
Quadro 05.	Ensaio e frequência de ensaios para agregado reciclado	58
Quadro 06.	Índices de qualidade do agregado reciclado e demandas para concreto estrutural	58
Quadro 07.	Relação das usinas de reciclagem de RCC da região Nordeste do Brasil	67
Quadro 08.	Síntese das atividades metodológicas realizadas	72
Quadro 09.	Tipo de controle do RCC nas usinas	85
Quadro 10.	Características produtivas das usinas em atividade	97
Quadro 11.	Terminologia utilizada na entrega do agregado reciclado	110
Quadro 12.	Síntese da avaliação das usinas da região Nordeste	116
Quadro 13.	Diretrizes x Influências na qualidade	120
Quadro 14.	Empresas de transporte de RCC em Salvador	128

LISTA DE TABELAS

Tabela 01.	Estimativa de geração	29
Tabela 02.	Geração per capita sem material de escavação	29
Tabela 03.	Estimativa da geração per capita	29
Tabela 04.	Estimativa para geração média de RCC na Comunidade Européia	30
Tabela 05.	Demolições no Brasil desde 1983 até abril de 2004	35
Tabela 06.	Geração de RCC	36
Tabela 07.	Número de trabalhadores nas usinas	82
Tabela 08.	Valores cobrados pelas usinas para reciclagem do RCC – classe A	85
Tabela 09.	Requisitos para o agregado reciclado	92
Tabela 10.	Indicadores das usinas	93
Tabela 11.	Indicadores municipais	94
Tabela 12.	Parâmetros de área e produção das usinas de reciclagem de RCC do Nordeste do Brasil	95
Tabela 13.	Quantitativos da avaliação da usina “A”	117
Tabela 14.	Quantitativos da avaliação da usina “B”	117
Tabela 15.	Quantitativos da avaliação da usina “C”	118
Tabela 16.	Quantitativos da avaliação da usina “D”	118
Tabela 17.	Demonstrativo dos Pontos de RCC por Núcleo de Limpeza (1996-2007)	124
Tabela 18.	Estocagem mínima de agregado reciclado prevista para BDE – Porto Seco	132
Tabela 19.	Estimativa de Geração de RCC em Salvador (2009 – 2010)	136
Tabela 20.	Geração de RCC em Salvador (2009 – 2010)	136

LISTA DE SIGLAS

- ABNT – Associação Brasileira de Norma Técnica
- ACI – American Concrete Institute
- ARC – Agregado de Resíduos de Concreto
- ARM – Agregado de Resíduo Misto
- ASTM – American Society for Testing and Materials
- ATT – Área de Triagem e Transbordo
- BDE – Base de Descarga de Entulho
- COMLURB – Companhia de Limpeza Pública
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
- COOPERCONBA – Cooperativa da Construção Civil do Estado da Bahia
- EMLUR – Empresa de Limpeza Urbana
- GRCC – Gestão de Resíduos da Construção Civil
- LIMPURB – Empresa de Limpeza Urbana do Salvador
- NL – Núcleo de Limpeza
- PDE – Ponto de Descarga de Entulho
- PIGRCC – Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduo da Construção Civil
- PIB – Produto Interno Bruto
- RCC – Resíduo da Construção Civil
- RDO – Resíduos Domésticos Urbanos
- RPU – Resíduos Públicos Urbanos
- SINDIBRITA-BA – Sindicato das Indústrias de Mineração de Brita da Bahia
- SINDUSCON – BA – Sindicato das Indústrias da Construção Civil - Bahia
- SINDUSCON – SP – Sindicato das Indústrias da Construção Civil – São Paulo
- SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
1.1	JUSTIFICATIVA	18
1.2	OBJETIVOS	20
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO	21
2.	REFERENCIAL TEÓRICO	22
2.1	CONCEITOS BÁSICOS	22
2.2	GESTÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL	27
2.2.1	Panorama das Experiências Internacionais	27
2.2.2	Panorama Nacional	30
2.3	DIRETRIZES PARA A PRODUÇÃO DE AGREGADO RECICLADO	39
2.3.1	Diretrizes Internacionais	39
2.3.2	Diretrizes Nacionais	49
2.4	CONSIDERAÇÕES AO CAPÍTULO	62
3.	METODOLOGIA	65
3.1	ESTRATÉGIAS DA PESQUISA	65
3.2	DELINEAMENTO DA PESQUISA	66
4.	PESQUISA DE CAMPO	73
4.1	USINAS DE RECICLAGEM DE RCC – REGIÃO NORDESTE	73
4.1.1	Processo produtivo das usinas	73
4.1.2	Condições de implantação das usinas	75
4.1.3	Condições operacionais das usinas	82
4.1.4	Produtos e resíduos gerados	107
4.1.5	Síntese da avaliação das usinas de reciclagem de RCC – região Nordeste	115
4.2	GESTÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM SALVADOR	121
4.2.1	Panorama atual da Gestão dos resíduos da construção civil em Salvador	121
4.2.2	Projeto da usina de reciclagem de RCC da Cidade do Salvador	131
4.2.3	Geração de RCC na Cidade do Salvador	133

4.2.4	Consumo de agregados na região metropolitana do Salvador	139
4.2.5	Síntese da Gestão dos Resíduos da Construção Civil em Salvador	143
5.	DIRETRIZES PARA PRODUÇÃO DE AGREGADO RECICLADO	145
5.1	DIRETRIZES PARA PRODUÇÃO DE AGREGADO RECICLADO EM USINAS DE RECICLAGEM DE RCC	145
5.2	DIRETRIZES PARA A PRODUÇÃO DE AGREGADOS RECICLADOS NA CIDADE DO SALVADOR	150
6.	CONCLUSÃO	158
	REFERÊNCIAS	161
	APÊNDICE - A - RELAÇÃO DAS USINAS DE RECICLAGEM DE RCC BRASILEIRAS EM ATIVIDADE EM DEZEMBRO DE 2009	169
	APÊNDICE - B - QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DAS ATIVIDADES DAS USINAS DE RECICLAGEM DE RCC	170
	APÊNDICE - C - FLUXOS DO PROCESSO DE BENEFICIAMENTO DO RCC NAS USINAS DA REGIÃO NORDESTE	182
	APÊNDICE - D - SÍNTESE QUALITATIVA DA AVALIAÇÃO DAS USINAS DE RECICLAGEM DE RCC DA REGIÃO NORDESTE	222
	APÊNDICE - E - INTERFERÊNCIAS DAS USINAS DE RECICLAGEM DE RCC NA QUALIDADE DO AGREGADO RECICLADO	225
	APÊNDICE F – TERMINOLOGIA DOS VEÍCULOS URBANOS DE CARGA	230

1. INTRODUÇÃO

1.1 JUSTIFICATIVA

As relações de consumo estão fortemente associadas a conceitos de satisfação pessoal, contrapondo-se aos aspectos finitos dos recursos naturais. Esses movimentos de produção e consumo, impulsionados por interesses antrópicos¹, refletem-se também na construção civil causando impactos ambientais desfavoráveis.

Espera-se que a construção civil, de modo gradativo, torne-se ambientalmente sustentável. Para isso, estão em discussão concepções antigas e contemporâneas do construir, reformar e demolir, sendo necessário o emprego de uma ética que retome a compreensão do ser humano como pertencente ao meio ambiente.

A utilização dos Resíduos da Construção Civil (RCC) como matéria prima para produção de agregados reciclados reemprega componentes mineralógicos, auxilia no melhor emprego dos recursos naturais e provoca a readaptação humana às necessidades de vivência na biota.

Os agregados reciclados apresentam elevada variabilidade de constituintes, reduzindo as possibilidades de substituição dos materiais naturais. Além disso, sua inserção no mercado de materiais enfrenta a extração clandestina dos agregados naturais, a ausência de fiscalização nas jazidas, a não recuperação² das áreas exploradas após o esgotamento, além da baixa aceitação cultural da população para reaproveitamento dos materiais.

Nesse contexto, as usinas de reciclagem de RCC devem contribuir para a redução de impactos ambientais negativos não só pelo aproveitamento racional do RCC, mas também pelo disciplinamento das disposições no meio urbano.

No Brasil, do total de 47 usinas implantadas, 36,18% estão desativadas ou paralisadas. Das que estão em operação, 28% se localizam nas regiões Sul, Centro-Oeste e Nordeste do país. O estado de São Paulo concentra 72% das unidades (MIRANDA *et al.*, 2008).

Dentre os fatores que predominam para o insucesso, encontra-se a ausência de diretrizes para a produção do agregado reciclado que visem à empregabilidade e à

¹ Isto é, relativo às modificações provocadas pelo homem no meio ambiente.

² Termo geral para a atuação sobre locais que sofreram impacto ambiental. Têm sido mais utilizado para impactos não relacionados à introdução de substâncias ou resíduos, como a desertificação e a erosão (BOSCOV, 2008).

confiabilidade dele como material de construção, favorecendo o consumo e a substituição do agregado natural.

Centros urbanizados, a exemplo da Cidade do Salvador demandam recursos naturais e geram resíduos. Esses ambientes são propícios ao emprego do RCC, visando o melhor retorno econômico, social e ambiental resultante da reciclagem, além de contribuir para a redução das as extrações de agregados naturais.

Salvador tem a sétima região metropolitana mais populosa do Brasil e detém o maior Produto Interno Bruto (PIB) metropolitano do Nordeste (CARVALHO, PEREIRA, 2008, p. 47). Em 2009, utilizou aproximadamente R\$ 20 milhões de reais (SALVADOR, 2009) para remoção de RCC da malha urbana e para destiná-lo a aterro de inertes ou para cobertura de aterro sanitário.

Nesse cenário, quais diretrizes permitem a produção de um agregado reciclado com baixa variabilidade mineral? Como as usinas interferem na qualidade do agregado reciclado? As diretrizes existentes favorecem a produção do agregado reciclado como material de construção? As diretrizes nacionais atendem a produção do agregado reciclado?

Este trabalho é resultado da investigação sobre o assunto e traz contribuições a partir da proposição de diretrizes para a produção de agregado reciclado em usinas de reciclagem da construção civil, bem como das ações para a produção de agregado reciclado para a Cidade do Salvador.

1.2 OBJETIVO

1.2.1 OBJETIVO GERAL

Propor diretrizes para produção de agregado reciclado em usinas de reciclagem de RCC.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- A. Investigar os condicionantes para produção de agregado reciclado em usinas de reciclagem de RCC.
- B. Avaliar as usinas de reciclagem de RCC da região Nordeste em relação às diretrizes nacionais existentes.
- C. Propor diretrizes para produção do agregado reciclado em usinas de reciclagem de RCC na Cidade do Salvador.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está dividido em seis capítulos. O primeiro contém uma introdução sobre a reciclagem do RCC e a necessidade da produção do agregado reciclado, além dos objetivos e da estrutura do trabalho.

O segundo capítulo está dividido em quatro seções, todas organizadas a partir da revisão da literatura. A primeira traz conceitos relevantes para a pesquisa e estão ordenados para melhor compreensão da leitura. Na segunda seção, é realizada a análise da Gestão dos Resíduos da Construção Civil internacional e nacional. A terceira é composta pelas diretrizes (legais e técnicas) para a produção do agregado reciclado. Na quarta, são apresentadas considerações ao capítulo.

No terceiro capítulo, é apresentado o detalhamento da metodologia, que foi conduzido pelo estudo de caso realizado nas usinas da região Nordeste do Brasil e na cidade do Salvador.

O quarto capítulo contém os resultados da pesquisa e está dividido em duas seções. Na primeira, é feita a descrição das atividades e a identificação das diretrizes de projeto, no que diz respeito à implantação e à operação das usinas de reciclagem da região Nordeste do Brasil. A seção é finalizada com a avaliação das usinas visitadas mediante critérios de conformidade à Norma NBR nº 15.114/2004, além das boas práticas estabelecidas em outros países. Por outro lado, se fez a correlação entre as interferências da produção (externas e internas às usinas) e as alterações que elas provocam na qualidade do agregado reciclado. Na segunda seção do capítulo, se descreve o panorama da GRCC na cidade do Salvador, a identificação das diretrizes do projeto da usina de reciclagem de RCC da LIMPURB, bem como as linhas de produtos reciclados de melhor prognóstico para inserção no mercado de materiais de construção, encerrando-se com uma síntese da GRCC praticada.

No quinto capítulo, são apresentadas proposições em relação às diretrizes para produção de agregado reciclado em usinas de reciclagem, bem como proposições às diretrizes para a produção de agregado reciclado em usinas de reciclagem de RCC para a cidade do Salvador.

No sexto capítulo, encontram-se a conclusão da pesquisa e as recomendações para trabalhos futuros.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo está organizado em quatro seções, a primeira com os conceitos básicos; a segunda, em relação a GRCC, foi subdividida em Internacional e Nacional; as diretrizes para produção Internacional e Nacional encerram a terceira seção. Nas considerações ao capítulo, é feita uma síntese dos principais pontos.

2.1 CONCEITOS BÁSICOS

O uso do RCC como material de construção está associado ao desenvolvimento do meio urbano, sobretudo como alternativa para as reconstruções decorrentes de guerras e catástrofes naturais.

O continente europeu inicia em 1928 as primeiras pesquisas visando ao estudo do comportamento de concretos com a presença de resíduos de construção (LEVY, 2002, p.7). A partir da década de 80, Alemanha e Japão desenvolvem diretrizes sobre o reuso e reciclagem dos RCC como materiais de construção e pavimentação.

Na Europa, os RCC são definidos como todo resíduo que surge da construção, renovação e demolição, incluindo-se os materiais excedentes, os produtos danificados e materiais decorrentes da execução da construção ou da utilização temporária das atividades locais de construção, bem como os 44 tipos listados no capítulo 17 do Código de Resíduos Europeu, dos quais 16 têm sido classificados como resíduos perigosos.

No Reino Unido, a Agência Ambiental entende que o resíduo utilizado como agregado só o deixa de ser quando incorporado a uma estrutura, como estrada ou construção, sendo definido como qualquer substância ou objeto que o gerador se desfaz, pretende ou é obrigado a se desfazer. Portanto, considera-se ele que continuará a ser resíduo até o momento que tenha sido totalmente recuperado, não representando uma ameaça ao homem ou ao meio ambiente, cabendo ao gerador a determinação da condição de resíduo ou não (WRAP, 2005).

Na Espanha, o Plano Nacional Integrado de Resíduos define que RCC é qualquer substância ou objeto que cumpre a definição de resíduo³ que seja gerado em obra de construção e demolição. O conceito abrange as atividades de construção, reparo, reforma e demolição de um bem imóvel, tal como edifícios, portos, aeroportos, canais, represas,

³ Resíduo é qualquer substância ou objeto pertencente a alguma categoria que figure no anexo da Lei 10/1998, de 21 de abril, de Resíduos (BOE núm. 96, de 22 de abril de 1998), que o gerador venha a dispor ou tenha intenção ou obrigação de desprender-se. Em todo caso, essas considerações figuram no Catálogo Europeu de Resíduos aprovado pela Comunidade Européia (ESPAÑA, 1998).

estradas, instalações desportivas e ociosas ou outro análogo à engenharia civil (ESPAÑA, 2009).

No Brasil, as Resoluções nº 307/2002/CONAMA e nº 348/2004/CONAMA definem RCC como o proveniente de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos. Nelas, o gerador é toda pessoa física ou jurídica, pública ou privada, responsável por atividades ou empreendimentos que gerem os RCC, sendo de sua responsabilidade a segregação por classe do resíduo. A resolução classifica os RCC em:

Classe A - resíduos reutilizáveis ou recicláveis na forma de agregados, como:

- a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;
- b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;
- c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meio-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;

Classe B - resíduos recicláveis para outras destinações;

Classe C - resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias;

Classe D - resíduos perigosos (CONAMA, 2004.a).

Em 2004, a Associação Brasileira de Norma Técnica (ABNT) lançou um conjunto de normas NBR nº 15.112 a 15.116/2004 apoiadas nas diretrizes estabelecidas pelas resoluções CONAMA e que têm o intuito de padronizar e reconhecer o uso do RCC. O Quadro 01 contém o objetivo de cada norma.

Norma Nº	Válida desde	Objetivo
15.112	30/07/2004	Fixa requisitos para projeto, implantação e operação de áreas de transbordo e triagem de RCC e de resíduos volumosos.
15.113	30/07/2004	Fixa requisitos para projeto, implantação e operação de aterros de RCC e inertes, visando à possível utilização futura desses materiais, bem como à proteção das coleções hídricas, condições de trabalho e qualidade de vida das populações de vizinhas.
15.114	30/07/2004	Fixa requisitos para projeto, implantação e operação de áreas de reciclagem de RCC – Classe A, que se aplicam a materiais já triados para produção de agregados para obras de infraestrutura e edificações de forma segura.
15.115	30/07/2004	Estabelece critérios de execução das camadas de reforço do subleito, sub-base e base de pavimentos e revestimento primário em obras de pavimentação.
15.116	30/09/2004	Estabelece requisitos para emprego de agregado reciclado em obras de pavimentação viária e preparo de concreto não estrutural.

Quadro 01. Relação das Normas Brasileiras referentes ao RCC

Em 2010, é publicada a Política Nacional de Resíduos Sólidos, instituída pela Lei nº 12.305/2010/BRASIL, que prioriza a não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

Estabelece ainda que os RCC são os resíduos gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis.

O RCC deve ser aproveitado como matéria prima para novos materiais de construção. Para isso, há de ser regulado por diretrizes e parâmetros que atendam aos requisitos técnicos de um produto ambientalmente sustentável.

Para Manzini *et al.* (2008, p.28), é possível que essa percepção ainda não esteja clara para muitos, pois ele é um objetivo a ser atingido e não uma direção a ser seguida. Assim sendo, as propostas de produtos que surgirem com esse escopo devem atender a princípios como:

- i. basear-se fundamentalmente em recursos renováveis, garantindo ao mesmo tempo sua renovação;
- ii. aperfeiçoar o emprego dos recursos;
- iii. não acumular lixo no ecossistema;
- iv. (...) garantir o direito ao gozo do espaço ambiental⁴ (MANZINI *et al.*, 2008)

A elevada possibilidade de inserção do RCC, através do reuso ou da reciclagem, permite estabelecer que a construção civil deva ser uma atividade menos agressiva ao ambiente. Isso é indispensável devido à expectativa de crescimento dessa indústria em face do desenvolvimento dos centros urbanos, bem como à garantia das condições de igualdade de acesso a construções compatíveis com as necessidades das próximas gerações.

A reciclagem do RCC envolve a transformação, a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos (...) (BRASIL, 2010, p. 2).

Segundo a NBR nº 15.114/2004, a reciclagem do RCC classe A é o processo de aproveitamento de um resíduo após ter sido submetido à transformação, resultando em um produto identificado como agregado reciclado (ABNT, 2004a, p.1). Essa atividade industrial deve ser realizada na “Área de Reciclagem de Resíduos da Construção Civil” destinada ao recebimento e transformação de resíduos da construção civil classe A, já triados, para produção de agregados reciclados (ABNT, 2004a).

⁴ O espaço ambiental é a quantidade de energia, água, território e matéria prima não renováveis que podem ser usados de maneira sustentável. Indica quanto de ambiente uma pessoa, uma nação ou um continente dispõem para viver, produzir e consumir sem superar os limites da sustentabilidade (MANZINI, *et al.*, 2008).

Na literatura internacional, o termo “*recycling stationary plant*” ou “*recycling plant*” refere-se aos equipamentos utilizados nos centros de reciclagem. Para Furstenu (2005, p.983), “plant” significa usina, engenho, instalação, aparelhagem, fábrica, instalação industrial. Paralelamente pode ser entendido como organização industrial.

Neste trabalho, será utilizado o termo ‘Usina de Reciclagem de RCC’ para se referir à área industrial destinada e devidamente equipada com máquinas e ferramentas, onde se processa a transformação de RCC, Classe A, em dois produtos finais distintos e definidos em norma como o Agregado de Resíduo de Concreto (ARC⁵) e o Agregado de Resíduo Misto (ARM⁶) (ABNT, 2004c).

A adoção dessa definição tem por base a etimologia do termo “usina”, derivado do francês “*usine*”⁷, percebido como mais específico que “área”, que em essência restringe-se ao espaço reservado para desenvolvimento de atividades (HOUAISS,2007). A escolha não apresenta divergência literária e não foi observada discussão específica em relação ao termo “área de reciclagem” além da adotada na normalização.

O produto das usinas de reciclagem de RCC conhecido como agregado reciclado é o “material granular proveniente do beneficiamento de resíduos de construção ou demolição de obras civis, que apresenta características técnicas para a aplicação em obras de edificação e infraestrutura” com emprego em pavimentação e concretos não estruturais, estes últimos com classe de resistência entre 10 a 15 Mpa⁸. A NBR nº 15.116/2004 limita a utilização à classe de resistência do concreto, condição que não é prevista pela resolução 307/2002, que se limita a caracterizar o material e seu emprego.

A norma europeia EN 206-1/2005 para concreto estrutural *in loco* ou pré-fabricado para engenharia civil define agregado como o “material mineral granular adequado à utilização no concreto, pode ser natural, artificial ou reciclado de materiais previamente usados na construção”. As classes leves⁹ têm massa menor ou igual a 2000 kg/m³ e as pesadas têm valor igual ou maior a 3000 kg/m³.

⁵ Agregado reciclado obtido do beneficiamento de resíduo pertencente à Classe A, composto, na sua fração graúda, de no mínimo 90% em massa de fragmentos à base de cimento portland e rochas (ABNT, 2004,b).

⁶ Agregados reciclados obtidos do beneficiamento de resíduo de Classe A, composto na sua fração graúda com menos de 90% em massa de fragmentos à base de cimento portland e rochas (ABNT, 2004,b).

⁷ Elemento de composição: do fr. *usine* (1732) “estabelecimento industrial munido de máquinas; loja, ateliê, oficina”, "de *wisine*, (HOUAISS, 2007).

⁸ Unidade de medida de Força por Área. É a unidade padrão das Normas Técnicas modernas sendo 1 MPa ~ 10 kgf/cm².

⁹ Diz respeito à massa específica ou à quantidade de matéria presente por unidade de volume.

Na Irlanda, agregado reciclado de concreto é definido como o resultante do processamento do material inorgânico de materiais previamente usados na construção e principalmente os que advêm da redução do concreto (WRAP, 2006, p. 1).

A norma prevê ainda que diferentes condições climáticas e geográficas, níveis de proteção, assim como tradições e experiência regional, conduzam a aplicação de normas locais, diante da ausência de soluções não citadas.

No Japão, agregado reciclado graúdo é aquele obtido da quebra do concreto original, devendo ser obtidos de concretos estruturais ou de produtos de concreto decorrentes de um plano de demolição (RILEM, 1994, p. 95).

No Brasil, o emprego se limita a concretos não estruturais, o que interfere nas condições de produção de agregados com melhores características tecnológicas por inexistir diretriz que conduza à certificação e ao emprego mais valorizado. Os agregados contribuem com cerca de 80% do peso e 20% do custo do concreto estrutural, sem aditivos (BAUER, 1994), aspectos que justificam a produção de agregado reciclado para a utilização em concretos, devendo-se antever as mesmas aplicações dos agregados naturais.

A extração dos agregados naturais é regulada pela viabilidade técnica e econômica do recurso obtido. A ausência da recuperação¹⁰ das jazidas, quando do encerramento das atividades, interfere na inserção e comercialização do agregado reciclado, uma vez que, sobre o valor pago pelo agregado natural, deixam de incidir o encargo financeiro correspondente à remediação das jazidas exploradas. A lavra predatória com aproveitamento incompleto dos depósitos compreende a exploração¹¹ futura de reservas e amplia o descompasso econômico em relação ao produto reciclado (GONÇALVES, 2008).

A competitividade do agregado reciclado está vinculada à condição de aplicação em canteiros de obra. Para Manzini, *et al.* (2008), esse indicador se vincula à (curto, médio e longo prazo) organização dos empreendimentos produtivos, posicionando-os para a sustentabilidade.

Assim, o comportamento tecnológico passa a estar atrelado à sustentabilidade do material, mantendo parâmetros e condições que satisfaçam as diretrizes de uma construção mais sustentável, a partir das escolhas feitas em projetos que visem à prevenção, reuso e reciclagem do RCC, minimizando a disposição final, mesmo que ambientalmente adequada.

¹⁰ Termo geral para a atuação sobre locais que sofreram impacto ambiental. Tem sido mais utilizado para impactos não relacionados à introdução de substâncias ou resíduos, como a desertificação e a erosão (BOSCOV, 2008).

¹¹ Definida como extrair proveito de área ou terra, específico quanto aos recursos naturais. Na linguagem jurídica, “tirar partido de alguma coisa, utilizá-la vantajosamente, explorar algo” (HOUAISS, 2007).

O agregado reciclado de comportamento tecnológico equiparado ao natural pode significar uma relativa economia energética. Valverde e Tsuchiya (2009) afirmam que, na produção do agregado reciclado, são consumidos 1,25 kWh/t/dia, enquanto o agregado natural consome 1,36 kWh/t/dia, um acréscimo de 8%. Essa pequena diferença apresenta relevância quando observamos que, em 2007, foram extraídos no Brasil 10^8 t/ano de agregados naturais miúdos (areias), e 10^6 t/ano de agregados naturais graúdos (britas) (BRASIL, 2006, p.3).

O emprego do agregado reciclado deve ser traduzido como um ganho econômico e um adequado uso dos recursos minerais.

2.2 GESTÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

2.2.1 Panorama das Experiências Internacionais

A gestão e reciclagem do RCC na Europa têm sido referência desde o fim da Segunda Guerra Mundial, período em que esse continente necessitou reconstruir seus ambientes urbanos. No entanto, os processos industriais de manejo e aproveitamento dos RCC têm sido aperfeiçoados em outros países, demonstrando que o desenvolvimento das sociedades está vinculado também ao enfrentamento da entropia¹².

Os acordos internacionais para boas práticas da gestão dos RCC não são um consenso, embora os países tenham legislações a respeito. Esses acordos se apresentam na forma de políticas individuais, a exemplo do que fazem Canadá e Estados Unidos, ou sob acordos do tipo “guarda-chuva”, na tentativa da unificação de esforços e resultados, como é o caso da União Européia, que admite soluções particulares para as especificidades regionais.

A GRCC na Europa age cooperativamente na prevenção e minimização do desperdício, incentivando e apoiando a reciclagem e a valorização dos RCC. A tendência está na responsabilização da geração, na convergência da regulação nacional em cada país e na operação dos aterros sanitários. Pretende-se conhecer bem os RCC e prevenir sua geração (EUNOMIA *et al.*,2009).

Países desenvolvidos também enfretam resistências a condutas uniformes quanto à aceitação e à implantação da GRCC, sobretudo pelas questões econômicas que influenciam

¹² Para Jeremy Rifkin, é a tendência universal de todos os sistemas – incluídos os econômicos, sociais e ambientais – passar de uma situação de ordem à crescente desordem. Portanto, deve ser discutido por toda sociedade e não apenas em círculos especializados de cientistas (Sproviero, 2001).

na acumulação de capital, a exemplo da divulgação dos resultados obtidos pelos programas de remediação já realizados e que comprovam a atenuação e eficiência futura para os sistemas bióticos (EUNOMIA *et al.*,2009).

A GRCC no Japão, Holanda e Espanha é incentivada pela escassez das jazidas, pelos custos elevados da correta disposição do RCC no ambiente e pelo melhor desempenho conseguido na implementação das tecnologias de reciclagem (LANZELLOTTI, TOREM, & LUZ, 2004).

Na Irlanda, a indústria da construção é uma das maiores geradoras de resíduos, que antes eram encaminhados a aterros sanitários. A reciclagem é utilizada como controle a eliminação dos RCC e para a redução do transporte em geral. A meta do país é prevenir a geração e aumentar a reciclagem de 50% (em 2003) para 85% em 2013 (NCDWC, 2005).

As diretrizes determinam que a GRCC ocorra durante toda a execução do projeto. Os envolvidos na atividade (clientes, empreiteiros, designers, fornecedores) devem agir de forma cooperada para reduzir a geração na fonte. As orientações são previstas e fornecidas durante a fase de preparação dos planos e projetos de gestão do RCC para os que excedam limites especificados (EUNOMIA *at. al.*, 2009).

A Austrália tem uma GRCC voltada para a redução e segregação dos resíduos. Paralelamente, impõe uma política que onera a disposição final. As taxas cobradas atualmente correspondem a \$ 15,00 ou € 7,00 por tonelada na zona rural, no meio urbano varia de \$ 22,00 - \$70,00 ou €10,00 - €50,00 por tonelada. Até 2012, esses valores são de \$ 57,00 ou €26,00 - €50,00 por tonelada (BREWER, MOONEY, 2008).

Na Espanha, a região de Madrid, com seus 179 municípios e 5,3 milhões de residentes, adotou uma GRCC organizada em rede, com instalações de armazéns e usina de reciclagem, associada a um sistema de taxas para os geradores. Existe um programa de sensibilização para a conscientização (LÓPEZ, 2010, p.1).

Para López (2010, p.2), a gestão eficiente tem por objetivo reduzir os meios e materiais excedentes, diminuindo os resíduos gerados a partir deles; reutilizar os materiais sem transformá-los; e reciclar os materiais excedentes transformando-os em matéria prima.

Apesar da GRCC direcionada à prevenção, as estimativas de desperdício pela ausência de aproveitamento do RCC em regiões como Europa, Japão e Estados Unidos ainda mantêm valores elevados, conforme a Tabela 01. Indiretamente os valores indicam a demandada de consumo dos setores produtivos ligados aos materiais de construção, em que predomina a presença de recursos naturais. Esses dados ainda são estimados em muitos países

em decorrência das diferenças regionais das construções e da ausência de controle em outros (NCDWC, 2009, p.4).

Tabela 01. Estimativa de geração.

Volume de Resíduo (Mt)*	Europa	Estados Unidos	Japão
Resíduo de Construção	510	317	77
Resíduo Municipal	241	228	53

*Valores em Milhões de toneladas por ano.

Fonte: NCDWC (2009)

A geração per capita em alguns países europeus desconsidera os RCC de escavação, condição que interfere e reduz os valores estimados. Apesar da política europeia de resíduos prever o direcionamento dos RCC de escavação de solo para o paisagismo, isso não significa aproveitamento integral desses volumes. Na Tabela 02, são apresentados os valores da geração per capita/ano em seis países europeus com melhor gestão sobre os dados de geração.

Tabela 02. Geração per capita sem material de escavação.

País	Tonelada per capita	Tonelada per capita Sem material de escavação	Tonelada per capita Com material de escavação
Dinamarca	3,99	0,98	3,01
Finlândia	3,99	1,00	2,99
França	5,50	1,38	4,12
Alemanha	2,33	0,88	1,45
Irlanda	2,74	0,63	2,11
Luxemburgo	5,90	1,48	4,42

Fonte: Adaptado de DG ENV (2010, p. 13)

Os países com maior controle da geração e disposição do RCC apresentaram valores maiores se comparados a outros pertencentes a comunidade europeia, sendo essa diferença atribuída à falta de controle das autoridades públicas. Para a composição da geração de RCC europeia, os valores apresentados por alguns países foram desconsiderados e foi estabelecida a geração estimada de 1 tonelada por habitante/ano, devido à discrepância dos dados e às considerações de baixo controle da gestão local (DG ENV, 2010, p. 13). A Tabela 03 mostra a diferença entre o dado informado e o subestimado nesses países.

Tabela 03. Estimativa da geração per capita.

País	Tonelada per capita	Pressuposto tonelada per capita	País	Tonelada per capita	Pressuposto tonelada per capita
Bulgária	0,39	1,00	Lituânia	0,10	1,00
Chipre	0,58	1,00	Polônia	0,11	1,00
Grécia	0,37	1,00	Romênia	0,00	1,00
Hungria	0,43	1,00	Eslováquia	0,26	1,00
Letônia	0,04	1,00	Eslovênia	0,00	1,00

Fonte: DG ENV (2010, p. 14)

Na composição da Tabela 04, se observa que os valores de geração do RCC se apresentam mais representativos para os países com maior controle público sobre as gerações informadas na Tabela 02.

Tabela 04. Estimativa para geração média de RCC na União Européia.

	Baixa Estimativa	Elevada Estimativa
Geração RCC per capita (tonelada)	0,63	1,48
Geração RCC com escavação (tonelada)	2,74	5,90
Total geração RCC (milhões de tonelada – 2005) - per/capita	309	727
Total geração RCC (milhões de tonelada – 2005) - escavação	1.346	2.898

Fonte: DG ENV (2010, p. 14)

O relatório da Comissão Européia conclui que estimar a geração do RCC é uma tarefa difícil devido à influência do baixo controle público nas disposições finais, o que interfere nos dados informados, mas também pelas possibilidades de separação da gravimetria, a exemplo dos resíduos de escavação.

2.2.2 Panorama Nacional

A GRCC no Brasil tem início seis décadas¹³ depois dos países europeus e motivada pela necessidade corretiva e disciplinadora. Apesar do representativo intervalo de tempo, as experiências brasileiras ocorreram de modo isolado em Belo Horizonte e Salvador e serviram de referência para as resoluções CONAMA de 2002.

Desde então, os municípios têm apresentado um crescimento das legislações sobre a GRCC e a adoção de modelos de desenvolvimento voltados para a sustentabilidade ambiental.

Com o intuito de direcionar e destinar adequadamente o RCC gerado no município de São Paulo, foi implantada em 1991 a primeira usina de reciclagem de RCC do país e da América Latina. O encerramento de suas atividades se deu em 2002 sem ter alcançado a capacidade máxima de produção (NUNES, 2004).

O encerramento das atividades da usina se opõe ao decreto nº 42.217/2002 que regulamenta a Lei nº 10.315, de abril de 1987, para o uso de áreas destinadas ao transbordo e triagem comportamento do RCC em estruturas de concreto. Para fins deste trabalho, a primeira experiência com GRCC no Brasil ocorreu em 1993 na cidade de Belo Horizonte. de RCC que não teriam como ser reciclados. Em 2006, o decreto nº 48.075 dispõe sobre a

¹³ Considera-se o ano de 1928, apontado por Levy (2002, p.7), como sendo o das primeiras pesquisas sobre o comportamento do RCC em estruturas de concreto. Para fins deste trabalho, a primeira experiência com GRCC no Brasil ocorreu em 1993 na cidade de Belo Horizonte.

obrigatoriedade da utilização de agregados reciclados em obras de pavimentação nas vias públicas no município de São Paulo.

Em 2008, entra em vigor no município de São Paulo a lei nº 14.803, que dispõe sobre o Plano Integrado de Gerenciamento dos Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos e seus componentes, o Programa Municipal de Gerenciamento e Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil. Essa lei também disciplina a ação dos geradores e transportadores desses resíduos no âmbito do Sistema de Limpeza Urbana do Município.

Em São Paulo, a GRCC apresenta acentuada inversão de procedimentos que devem ter contribuído para o encerramento das atividades da usina de reciclagem em pouco tempo, a considerar o tipo de empreendimento industrial. A regulação legal e a infraestrutura pública para efetivação da GRCC são pré-requisitos ao adequado desempenho das boas práticas na indústria da construção civil, inibindo a geração de RCC, o que permite maior aproveitamento dos recursos naturais.

Em 1993, dois anos após a implantação da usina de São Paulo, Belo Horizonte deu início à GRCC no município através da implantação do Programa de Correção das Disposições Clandestinas de RCC na malha urbana. Esse programa previu a instalação de 04 estações de reciclagem de RCC e a implantação de 23 unidades de recebimento de pequenos volumes, localizadas em 9 áreas distintas do seu território (JUNIOR, *et al.*, 2005).

O programa enfrenta dificuldades a serem superadas, a exemplo das usinas de reciclagem de RCC, que entraram em operação após o tempo previsto devido à baixa aceitação popular. Embora a usina possua capacidade operacional para reciclar 120 toneladas por dia, está operando com 60% da capacidade. A ociosidade decorre do incômodo provocado na vizinhança pelo ruído. A solução recaiu na limitação do horário de funcionamento, que foi acordado entre moradores e a Superintendência de Limpeza Urbana (ALMEIDA, 2002).

Na capital mineira, as usinas são identificadas como Estações de Reciclagem. O município dispõe das unidades do Estoril (1995), Pampulha (1996) e da BR 040 (2006). Juntas, elas podem beneficiar em torno de 1.000 t/dia de resíduos. Já as 29 Unidades de Recebimento de Pequenos Volumes (URPV) atendem à população coletando 65.650 t/ano de RCC (CATAPRETA, PEREIRA e ALMEIDA, 2008).

O produto dessas usinas de reciclagem tem sido utilizado pela prefeitura em obras de manutenção, obras públicas e de infraestrutura, além de construções em áreas de baixa

renda familiar. O município apresenta os melhores resultados até o momento com relação ao desempenho da GRCC associado ao funcionamento das usinas de reciclagem implantadas.

Ainda na região Sudeste, no município do Rio de Janeiro, a Companhia Municipal de Limpeza Urbana (COMLURB) implantou 42 pontos de recepção de RCC. A finalidade foi a criação de áreas para depósito voluntário de pequenos volumes, podas, bens inservíveis, metais, papel, vidro, entre outros. Em 2004, o programa ainda existia, no entanto, com implantação parcial no território. A lei nº 4.969 de 2008 dispõe sobre diretrizes para a gestão integrada de resíduos sólidos e o decreto nº 31.416 de 2009 que determina o Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – PGIRS. Entretanto, persiste a carência da regulamentação municipal para incentivos à implantação de usinas e pontos de entrega de RCC para reuso.

A cidade do Salvador é a primeira da região Nordeste a implantar um Programa de Gestão Diferenciada de Entulho. Iniciado em outubro de 1998, o programa é coordenado pela Empresa de Limpeza Urbana do Salvador (LIMPURB) e objetiva melhorar a limpeza urbana e realizar uma GRCC corretiva. Um dos problemas enfrentados é a grande quantidade de pontos de disposição do RCC, espalhados pela cidade, devido à dispersão geográfica e temporal da geração pelo setor informal (CARNEIRO, 2001).

A GRCC prevê 18 unidades de Pontos de Descarga de Entulho (PDE) destinados aos pequenos geradores de RCC, identificados como aqueles que geram volumes de até 2m³. As Bases de Descarga de Entulho (BDE) num total de 5 unidades são destinadas a recepção, reutilização, reciclagem ou destinação mais adequada do RCC enviado pelos grandes geradores. A localização geográfica considerou as boas condições de acesso e tráfego, além da manutenção do bem-estar do entorno, entre outros fatores. Apesar de contar com a elevada possibilidade de retorno econômico para o poder público, o programa ainda não foi implantado completamente pela ausência de recursos (NUNES, 2004). No capítulo 4, é feito o detalhamento da GRCC praticada em Salvador.

A partir de 2004, se observa que os municípios brasileiros outorgaram legislações sobre GRCC em seus territórios. Dentre as analisadas, se observou que existe divergência quanto a caracterização do pequeno e do grande gerador de RCC, quanto ao tratamento dispensado ao gerador e por fim não se constatou princípios inibidores para as atividades de geração do RCC. O Quadro 02 mostra alguns municípios e as respectivas legislações analisadas.

Cidade	Fonte
Curitiba	Lei 11.682 de 06 de abril de 2006
Diadema	Lei nº 2336 de 22 de junho de 2004
Guarulhos	Lei 6.126 de 27 de abril de 2006
João Pessoa	Lei nº 11.176 de 10 de outubro de 2007
Joinville	Lei nº 5.159 de 24 de dezembro de 2005
São Bernardo do Campo	Lei 5.602 de 19 de outubro de 2006
São José do Rio Preto	Lei nº 9.393 de 20 de dezembro de 2004
São Luis	Lei nº 4.653 de 21 de agosto de 2006
São Paulo	Lei nº 14.803 de 26 de junho de 2008

Quadro 02. Municípios brasileiros *versus* Legislação sobre RCC.

Em 2005, a Caixa Econômica Federal, em articulação com o Ministério das Cidades, o Ministério do Meio Ambiente e entidades dos setores público e privado, divulgou dois trabalhos importantes para o ordenamento e implementação da GRCC nos municípios brasileiros. A principal constante do trabalho é incentivar e financiar os empreendimentos vinculados ao manejo dos RCC (PINTO, *et al.*, 2005).

A GRCC auxilia a adequada segregação dos resíduos, afasta a presença de contaminantes no RCC, estende o ciclo de vida do material de construção e reduz a pressão sobre o consumo dos recursos naturais.

Sanchez (2001) avalia que a análise do ciclo de vida pode fundamentar um novo paradigma de gestão ambiental na indústria, pois o conceito desenvolvido para o produto pode ser estendido à produção industrial.

O princípio do ciclo de vida do material de construção privilegia o desmonte e a dissociação dos componentes construtivos sempre que houver encerramento das funções de um empreendimento, utilizando os conceitos de previsibilidade, desmonte e ordenamento, evitando heterogeneidade dos RCC.

A utilização de quaisquer classes de resíduos para reciclagem e produção de materiais de construção, sem uma homogeneidade de suas características, de fato, contribui para a redução de resistência e durabilidade final do produto (agregado reciclado). Por exemplo, componentes como madeiras, sais solúveis, vidro e asfaltos provocam reações álcali-agregado em concretos (VAZQUEZ, 2001).

Para Hendriks (2000), as possibilidades de aproveitamento do RCC para a reciclagem aumentam significativamente com o tamanho da população, particularmente em relação à densidade populacional. Outras duas fortes influências são o acesso ao material natural e o nível de industrialização do local. Isso ressalta que a “pureza” da matéria prima (RCC) tem relevância particular na qualidade do processamento.

Nesse aspecto, as alternativas de GRCC que não valorizam o aproveitamento mais nobre das frações dos RCC podem ser percebidas como ineficientes e insuficientes, pois privilegiam a redução dos volumes sem observar a natureza da matéria prima e as possibilidades de seu emprego como agregado reciclado.

Outro aspecto importante da GRCC está na redução da perda decorrente da produção dos materiais de construção. Ela se caracteriza por ocorrer desde a extração da matéria prima até o instante da aplicação em canteiro de obra. A Figura 01 mostra as inúmeras etapas em que ocorre a geração dos RCC.

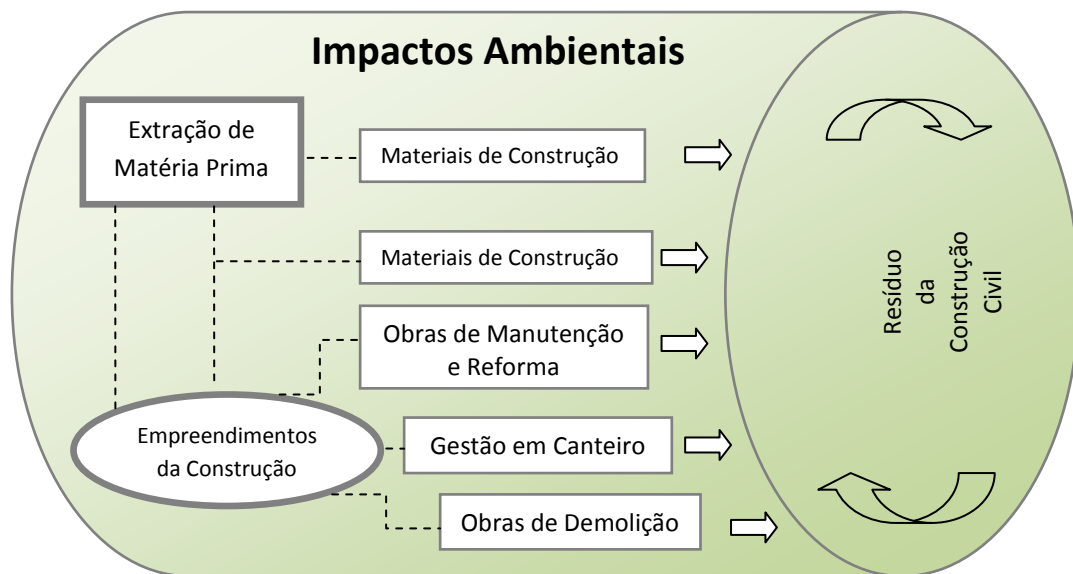


Figura 01. Cadeia da Produção de Materiais da Construção Civil.
Fonte: Adaptado de (KARPINSK, et al., 2009)

Para Carneiro (2001), são vários os fatores que contribuem para o crescente desperdício, dentre eles a definição e detalhamento insuficiente dos projetos executivos, a qualidade dos materiais disponíveis, a mão de obra não qualificada e ausência de controle operacional.

Para produzir apenas o necessário, a construção civil terá que reduzir sensivelmente suas perdas. Lodêlo, *et al* (2007) as define como sendo todas as tarefas desnecessárias que elevam os custos sem adicionar valor ao produto, podendo ser eliminadas sem prejudicar o trabalho efetivo.

A GRCC em canteiros de obra resulta na significativa redução de perdas e eleva as possibilidades de reemprego dos resíduos através da organização, limpeza e segregação dos resíduos ainda na própria obra. (LODÊLO, *et al*, 2007).

A reciclagem deve ser observada como opção favorável ao desenvolvimento do processo industrial da construção civil e das limitações da gestão dos empreendimentos civis

(CARNEIRO, 2001). Entretanto, a crescente geração do RCC no meio urbano indica a necessidade da desaceleração através da mudança de comportamento do gerador para um padrão mais adequado aos princípios de prevenção, minimização, reutilização e reciclagem.

No Brasil, a geração de RCC entre os anos de 1983 a abril de 2004 está apresentada na Tabela 05. Os valores foram obtidos nos maiores centros urbanos dos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Bahia e Rio Grande do Sul, incluindo os valores das obras de construção, viadutos, pontes, galpões e trabalhos de infraestrutura (OLIVEIRA, ASSIS, MATTOS, 2004, p.158).

Tabela 05. Demolições no Brasil desde 1983 até abril de 2004.

Ano	Demolição	RCC (10 ⁶ t)	Ano	Demolição	RCC (10 ⁶ t)
1983	4740	2,4	1984	4380	2,2
1985	5160	2,6	1986	5100	2,6
1987	3180	1,6	1988	2560	1,3
1989	3600	1,8	1990	1800	0,9
1991	1500	0,8	1992	1740	0,7
1993	2640	1,4	1994	4260	2,2
1995	4080	2,1	1996	3900	2,0
1997	3000	1,5	1998	1800	1,0
1999	2400	1,2	2000	1500	0,8
2001	1800	0,9	2002	2100	1,3
2003	2100	1,1	2004	500*	0,3

* Os dados referem-se aos meses de janeiro a abril de 2004

Fonte: OLIVEIRA, ASSIS, MATTOS (2004, p. 158)

A “média da geração” de RCC até o ano de 2000 aproximou-se a 500 t/1000hab/ano, o que correspondeu em anos anteriores a um percentual de até 70% da massa de lixo urbano (JOHN *et al.*, 2000).

Para Oliveira, Assis e Mattos (2004, p. 157), 60% das novas construções e reformas são executadas por pessoas sem conhecimento de arquitetura ou de engenharia e não contratam profissionais qualificados para a concepção e execução. Esse fato, associado à estabilidade econômica, contribuiu para o aumento da geração de RCC e das dificuldades urbanas ligadas às disposições irregulares.

A estimativa de geração per capita nos grandes centros apresenta significativa oscilação, que Oliveira, Assis e Mattos (2004, p.157) atribuem as diferentes classes sociais, com poder aquisitivo, condições econômicas e políticas diferenciadas entre as cidades, bem como às técnicas construtivas utilizadas. Na Tabela 06, está expressa a geração de RCC em algumas cidades brasileiras.

Tabela 06. Geração de RCC em cidades brasileiras.

Cidade	População (10 ⁶ t)	Geração/dia (t/dia)	RCC/hab./dia (kg)
São Paulo	10	10866	1,08
Porto Alegre	1,2	350	0,29
Salvador	2,2	1700	0,77
Ribeirão Preto	0,46	1043	2,26
São José do Rio Preto	0,32	687	2,14
Jundiaí	0,29	712	2,45
Santo André	0,63	1013	1,60
Belo Horizonte	2,01	1200	0,60
Vitória da Conquista	0,24	310	1,29
São José dos Campos	0,50	700	1,40
Guaratinguetá	0,10	60	0,60
Taubaté	0,23	230	1,00
Ubatuba	0,06	49	0,82
Caçapava	0,07	54	0,77
Pindamonhangaba	0,12	66	0,55
Tremembé	0,03	9	0,27

Fonte: LEITE (2001) e OLIVEIRA, ASSIS, & MATTOS (2004)

Dentre as metrópoles brasileiras, Salvador é a terceira cidade mais populosa, com seus 2,6 milhões de habitantes e um crescimento à taxa de 1,9% ao ano (CARVALHO, PEREIRA, 2008, p. 47). Em 2010, não se localizou pesquisas que indicassem a geração de RCC privada na cidade, cenário que indica relativo descontrole da GRCC nas atividades da indústria da construção civil.

A pesquisa do Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS), que contemplou 80% dos 61,1 milhões da população metropolitana, com ano base 2007, realizada nos centros urbanos com população entre 1 a 3 milhões de habitantes, apresenta uma ‘média per capita’ de 254,8 t/1000hab/ano de RCC coletado pelo setor público. Nas cidades com mais de 3 milhões de habitantes, esse valor cai para 64,3t/1000hab/ano, equivalente a uma redução de 75% na geração do RCC (SNIS, 2009), que é atribuída a dificuldade da realização da coleta do RCC pelo poder público. Por outro lado, esse dado indica que nesses centros urbanos pode existir elevada disposição irregular não só em seu território, mas também em seu entorno.

Essa diferença sugere uma reduzida eficiência na GRCC, indicando que os grandes centros urbanos apresentam relativa dificuldade para diagnosticar a geração de RCC, tendo-se por base que, durante o período, a indústria da construção indicou um crescimento no faturamento de 28% para 49,7% (SINDUSCON-SP, 2007), demonstrando um aquecimento do setor em contrapartida a uma menor geração de RCC.

Os dados do SNIS se referem à geração de RCC como sendo de no mínimo 1/3 do total coletado dos Resíduos Domésticos Urbanos (RDO) mais os Resíduos Públicos Urbanos, (RPU) equivalendo a 0,32t/1000hab/ano de RCC (SNIS, 2009).

Esse RCC advém de vários tipos de execuções civis que para Pinto *et al.* (2005) estão distribuídos entre as reformas, as ampliações, residenciais novas e demolições conforme Figura 02.

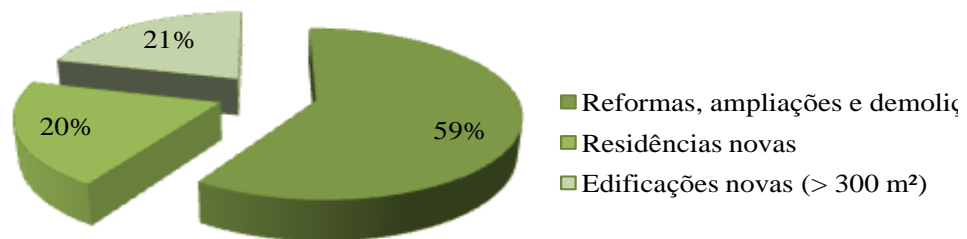


Figura 02. Distribuição do RCC pela finalidade da obra. Fonte: (PINTO, *et al.*, 2005)

Para Ferraz (2001), a distribuição mineralógica do RCC se caracteriza pela presença de 65% de composição mineral, mas ainda são escassos os estudos a respeito da composição gravimétrica. Segundo Karpinsk, *et al.* (2009) é na fonte geradora de RCC que se condicionam os parâmetros específicos regionais de variabilidade, bem como sua vinculação aos constituintes.

Com relação às práticas dos geradores e sua interferência na gravimetria, ela se estende desde o local à forma de acondicionamento e à modalidade de transporte utilizado para remoção. As caçambas estacionárias alteram a paisagem urbana, acentuam a poluição visual e criam situações propícias para disposição de outros resíduos que não exclusivamente os RCC (MELO e FERNANDES, 2010). As Figuras 03 e 04 mostram o uso inadequado das caçambas quando se dispõe todas as Classes de RCC juntas. Essa prática, constatada em Salvador, Aracaju e João Pessoa, durante o ano de 2010, desfavorece a adequada utilização do resíduo em aterros e para a reciclagem em usinas.



Figuras 03. Caçambas estacionárias no meio urbano



Figuras 04. Armazenagem de RCC em Caçambas

Por outro lado, o RCC tem na massa específica uma característica desfavorável, variando entre 1490 a 2220 kg/m³ (ANGULO *et al.* 2005, p.3), o que concorre para as disposições irregulares na malha urbana em municípios com baixa fiscalização devido à modalidade de transporte necessária para a remoção. Para CARNEIRO (2001), a disposição em grandes distâncias eleva o custo do transporte, o consumo de combustível e a manutenção dos veículos. Uma resposta a essa despesa surge na disposição irregular que destrói o ambiente e a malha urbana adensada (MELO e FERNANDES, 2010).

A baixa percepção dos riscos oferecidos pela disposição irregular do RCC contribui negativamente para a qualidade de vida urbana, possibilita acidentes, contaminações e favorece a proliferação de vetores ativos ou passivos de agentes infecciosos (MELO e FERNANDES, 2010).

Outro aspecto importante é ressaltado por D'almeida e Vilhena (2000) quando afirmam que esses resíduos podem conter substâncias que conferem periculosidade, a exemplo das sobras de tintas, solventes e amianto. A disposição indiscriminada traz elevados riscos à vida, contribui para a obstrução aos sistemas de drenagem urbana e para a redução da potabilidade dos corpos d'água. Utilizados em encostas, podem causar problemas como o da Favela Nova República em São Paulo, onde o desabamento de um aterro realizado com RCC causou a morte de várias pessoas (JOHN *et al.*, 2000).

2.3 DIRETRIZES PARA PRODUÇÃO EM USINAS DE RECICLAGEM DE RCC

Nesta seção, são analisadas as diretrizes que regulam a produção e as condições de aceitação do agregado reciclado como material de construção. O texto está organizado na forma de Diretrizes Internacionais, que estão subdivididas em: a) Diretrizes Legais; b) Diretrizes Técnicas: Implantação e Produção; c) Diretrizes Técnicas: Beneficiamento; e d) Diretrizes Técnicas: Gestão das Usinas. De modo semelhante, as Diretrizes Nacionais são divididas em: a) Diretrizes legais; b) Diretrizes Técnicas: Implantação e Produção; c) Diretrizes Técnicas: Beneficiamento; e d) Diretrizes Técnicas: Gestão das Usinas.

2.3.1 DIRETRIZES INTERNACIONAIS

a) Diretrizes Legais

A produção de agregado a partir de RCC depende do reordenamento das atividades da construção civil. Os agregados naturais são utilizados em função dos serviços a executar, do desempenho e da confiabilidade esperadas dos materiais de construção. O agregado reciclado terá aproveitamento mais adequado quando observada a igualdade de condições atualmente impostas aos agregados naturais.

Melhorar a aplicabilidade, reduzindo a variabilidade de composição é a meta das experiências internacionais com relação à produção dos agregados reciclados. Para isso, os governos têm investido em regulamentações, padronizações e legislação para estabelecer um ordenamento das práticas construtivas, como alternativa a processos mais adequados de GRCC.

O Quadro 03 traz um resumo das diretrizes para produção de agregado reciclado em alguns países que apresentam crescente aplicação desse material de modo mais sustentável para a construção civil.

País	Sumário das Diretrizes - Reuso e Reciclagem dos RCC						
	1980	1989	1990	1990	2000	2009	2010
Alemanha (RILEM 2005)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diretrizes sobre o reuso e reciclagem dos materiais de construção e outros trabalhos pelo Departamento de Transportes; 2. Diretrizes sobre reuso de concreto e agregado de superfícies de rodagem para construção de novas estradas; 3. Diretrizes que incluem os agregados reciclados na especificação de engenharia para proporcionamento entre agregado natural e reciclado para composição de bases de pavimentação; 4. Organização da DIN EN 4226-100, que regulamentou o uso de agregado reciclado em concreto. 						
Bulgária (Conforme HADEJEIVA <i>et al.</i> , 2003 em RAO, JHA e MISRA, 2007)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Construção de estradas; 2. Projeto piloto de reciclagem de concreto para agregados em convênio com a Universidade do Norte da França. 						
União Européia (BALÁZS, KAUSAY e SIMON 2008)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Definição da terminologia. Diretrizes para matéria prima na mistura de concreto; 2. Diretrizes para a reciclagem de agregado de concreto; 3. Diretrizes para produtos de concreto sem resíduo de concreto reciclado de construção; 4. Diretrizes para produtos reciclados de concreto sem resíduo de materiais de construção; 5. Diretrizes para reforço e produtos de concreto protendido; 6. Diretrizes para produção e utilização do agregado reciclado pré-misturado ao concreto, incluindo os requisitos e ensaios. 						
Espanha (VÁZQUES <i>et al.</i> , 2004; ESPAÑA, 2009)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Publicação do Plano Nacional de Resíduos da Construção e Demolição de Edifícios e Obras Cíveis; 2. Regulação técnica para padronização da qualidade para reuso ou reciclagem dos materiais obtidos dos resíduos de construção e demolição; 3. Criação do <i>Standing Committee on Concrete</i>, organização governamental responsável pela regulação técnica para concretos estruturais. Definição do estado da arte do 'concreto reciclado' através de publicações e estudos científicos; 4. Diretrizes para fazer com que a Espanha alcance os índices de reaproveitamento da União Européia nos próximos anos. 						
EUA (Conforme GILPIN <i>et al.</i> , 2004 em RAO, JHA e MISRA, 2007)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Incentivos ao transporte dos resíduos de concreto; 2. Processamento dos resíduos para produção de agregados para pavimentação; 3. Emprego de agregados reciclados somente em aterro sanitário e construção de bases para pavimentação. 						
Hong Kong (RAO, JHA e MISRA, 2007)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Projeto piloto de materiais reciclados de resíduos utilizados em obras relevantes do governo. Produção de agregados reciclados para pavimentação; 2. Produção de agregado reciclado para concreto massa. 						
Japão (Conforme KAWANO, 2003 em RAO, JHA e MISRA, 2007)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diretrizes para a qualidade do agregado reciclado graúdo para construção; 2. Diretrizes para utilização do agregado reciclado graúdo para construção; 3. Diretrizes para projetos e práticas de concreto de agregado reciclado para trabalho público; 4. Diretrizes para a qualidade do agregado reciclado para uso em blocos vazados; 5. Diretrizes técnicas para usinas de reciclagem e demolição de materiais de pavimentação; 6. Delineamento da padronização para uso de agregado reciclado e concreto de agregado reciclado. 						
Taiwan (RAO, JHA e Misra 2007)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Programa de reciclagem subsidiado pelo governo para assegurar a qualidade, a qualidade do sistema de controle e suporte ao setor privado; 2. Estabilização da variabilidade de produção da planta piloto; 3. Recicla 80% do material antes destinado ao aterro sanitário e 30 % desse agregado reciclado é utilizado em pavimentação. 						

Quadro 03. Diretrizes para reuso e reciclagem do RCC.

Holanda e Dinamarca possuem leis sobre RCC como resultado de políticas nacionais que visam a ampliar a vida útil dos aterros sanitários, a segregação de RCC e a certificação de materiais reciclados.

Na Holanda, três diretrizes decorrem de atos políticos. Um decreto nacional assegura a confecção de materiais secundários produzidos com RCC. Não existe diferenciação entre materiais primários feitos com extrações naturais e os produtos secundários ou que venham de demolição.

Uma terceira determinação em 2002 deu início ao aumento gradativo da taxa ambiental para disposição dos resíduos nos aterros sanitários. Há um impedimento expresso aos aterros sanitários de receber exclusivamente RCC incombustíveis e não recicláveis, sob pagamento de taxas mais elevadas (BREWER, MOONEY, 2008, p.176).

Essas medidas atuam indiretamente sobre a confiabilidade da indústria de materiais por obrigá-las a reabsorver o RCC ao tempo mesmo em que devem garantir a qualidade dos materiais produzidos. Por outro lado, incentivam financeiramente a segregação do RCC a ser destinado à reciclagem por dispensar a disposição em aterros sanitários, medida que amplia a vida útil dos aterros.

A Dinamarca adota três procedimentos, que consistem na proibição da disposição de RCC em aterros sanitários de qualquer substância residual que possa ser incinerada; no pagamento de taxas mais altas para os RCC enviados à incineração ou aos aterros sanitários; e na separação dos RCC, determinado que obras de demolição que gerem mais de 1 tonelada de resíduos devem segregá-los na fonte em frações limpas (BREWER, MOONEY, 2008, p. 176).

A Austrália se diferencia da Holanda e da Dinamarca, pois atua na certificação dos materiais desenvolvidos a partir de padrões para a reutilização, bem como na segregação de material para permitir a mais ampla reciclagem dos RCC. Em comum estão a proibição da disposição dos RCC em aterros sanitários e a sobretaxa para desestimular esse tipo de destinação (BREWER, MOONEY, p. 176, 2008).

Na Alemanha, as diretrizes limitam os procedimentos de uso do agregado reciclado a concretos com resistência final da classe C30/37; ao emprego em concretos leves ou protendidos; a aplicações em ambientes com baixa umidade ou em climas secos; bem como a proporção com agregados naturais pela norma DIN-EN 206-1 e DIN-EN 1045-2 (RILEM, 2005).

Na Espanha, o uso do agregado reciclado está restrito a concretos massa e concreto armado, sendo vedada a utilização em concretos protendidos. Somente é recomendado o uso de agregado reciclado obtido de concreto convencional, excluindo-se os tipos especiais de concretos como os leves, reforçados com fibras e os fabricados com cimentos aluminosos, em virtude da possibilidade de reação adversa.

Toda a fração grossa do agregado reciclado pode substituir até 20% do peso do agregado natural e seu uso em concretos expostos a ambientes agressivos está condicionado a cuidados especiais.

A recomendação do emprego em concretos reciclados de mesma classe de resistência que o concreto original assegura resultados favoráveis, garantindo propriedades físicas e a uniformidade da composição. Mesmo nessas condições, é limitada a substituição do agregado natural, restringindo-se a faixa granulométrica mais adequada para uso, assim como a exposição a ambientes agressivos (VÁZQUEZ, 2004).

Em Portugal, a norma E 471-2006 (CEN, 2005) estabelece diretrizes para a utilização de agregado reciclado em concretos hidráulicos, considerando que a variabilidade deve ser minimizada para a valorização desses resíduos como agregados reciclados de qualidade, o que pode ser conseguido através de uma triagem apropriada dos RCC e da escolha de um processo de segregação conveniente.

No Japão, o agregado reciclado deve atingir a reiserção na cadeia da construção civil de origem. Esse princípio atende ao objetivo do ciclo social, pelo qual a produção e a economia devem minimizar o dano ambiental através da reiserção e utilização da menor quantidade de material possível (YOSHIDA, 2007, p.5). Nesse sentido, as diretrizes incentivam a GRCC que privilegie o uso e comercialização do RCC, resultando em menor pressão sobre a extração e consumo dos recursos naturais pela indústria de materiais de construção.

Rao, Jha e Misra (2007) afirmam que, embora o país tenha uma história de pesquisas sobre reutilização dos RCC de concretos em novos concretos, ainda é baixa a produção em razão da não conformidade com a JIS A-5308, que especifica as misturas de concreto, bem como em função da relação entre massa específica (2.300 kg/m^3) e absorção de água requeridas (GONÇALVES, 2007, p.66). A percepção da necessidade do reuso nesse país está intimamente associada à sua escassez de jazidas de agregado natural e a índices favoráveis de desenvolvimento e industrialização.

As diretrizes nos EUA estão voltadas para a utilização em pavimentação e como material de cobertura em aterros sanitários. Taiwan e Hong Kong destinam o agregado reciclado a empregos mais relevantes para a indústria da construção civil: pavimentação e concretos massa.

b) Diretrizes Técnicas – Implantação e produção

Os melhores resultados e índices de reciclagem do RCC não se devem só à necessidade de reconstrução urbana, mas também ao tempo empregado no desenvolvimento de pesquisas. As qualidades físicas necessárias a serem atendidas pelo agregado reciclado de concreto são: resistência a compressão, durabilidade, absorção de água, trabalhabilidade e um bom controle de qualidade para redução da variabilidade (RILEM, 1994).

A produção de um agregado reciclado para substituição dos agregados naturais depende do atendimento às especificações técnicas, devendo ser esse o objetivo do beneficiamento. O agregado reciclado tem suas propriedades desfavorecidas pelo ambiente externo e interno às usinas.

Como interferência externa às usinas, estão as atividades decorrentes da não segregação dos RCC em canteiro de obra em substâncias inertes e reativos, perigosos e tóxicos. Dois outros fatores externos reduzem o desempenho esperado das propriedades dos agregados: a) a ausência de áreas de armazenagem temporária nos canteiros de demolição; e b) o reduzido uso de tecnologias para as atividade da demolição.

No que se refere às usinas, é possível citar como interferência a localização do empreendimento, layout de beneficiamento, tipos de equipamento, entre outros. Suas diretrizes de produção devem ser delineadas pela aplicabilidade do agregado reciclado mediante características de empregabilidade, maior sustentabilidade e competitividade junto ao mercado consumidor.

As usinas devem ter uma produção criteriosa que garanta a obtenção de agregados reciclados que atendam simultaneamente aos princípios econômicos e às exigências técnicas, sem agressão ambiental. Exemplo disso é Áustria, que, em função dos custos de implantação das usinas fixas, estabelece que a produção anual mínima é de 120.000 toneladas (CAR *et al.*, 2008, p.50), o que corresponde a um produção aproximada de 62,5 t/hora, justificando a tendência das plantas móveis.

c) Diretrizes Técnicas – Beneficiamento

As instalações para reciclagem destinam-se ao esmagamento de inertes utilizáveis e triagem dos materiais triturados. A produção é determinada pelas contaminações do resíduo a beneficiar, etapa que pode ocorrer em plantas fixas ou móveis.

O beneficiamento é semelhante nos dois casos. Para Hendriks (2004, p.52) e Car *et al.* (2008), as instalações consistem basicamente de sistema de alimentação, triturador ou britador, separador de metais, saída em correias transportadoras e instalação de triagem. Os britadores podem ser classificados quanto:

- a) À mobilidade: móveis ou fixos;
- b) Ao tamanho e peso das plantas industriais;
- c) À técnica de esmagamento.

Em instalações fixas, as etapas de beneficiamento, aspectos de saúde e segurança podem ser otimizados em relação às plantas de móveis.

Os britadores fixos não têm chassis, o que permite menor altura de alimentação em relação aos móveis. A energia elétrica produz menos emissões no local, entretanto, há de avaliar-se a viabilidade econômica em relação aos preços da energia e de infraestrutura como cabos, transformadores, entre outros (CAR *et al.*, 2008, p. 50).

As plantas fixas precisam de autorização para instalação. Geralmente, isso incluem vários processos de britagem e podem processar entre 300 a 400 toneladas por hora (ESPAÑA, 2009).

Nas plantas móveis, o processamento pode ser de até 100 toneladas por hora, supondo alimentação de RCC com mesmo tamanho e isento dos metais. As plantas semi-móveis são entregues em caminhões e podem levar até três dias para montagem. Elas são maiores que as móveis e possuem maior capacidade de beneficiamento (ESPAÑA, 2009).

As plantas móveis estão disponíveis sobre rodas ou em esteiras. Podem ser transportadas em semi-reboque, tendo que atender às condições de trânsito das estradas. A Figura 05 mostra um modelo de britador móvel de mandíbula e componentes: 1 Funil de alimentação, (1a) extensão do funil, (1b) bandeja de alimentação. 2 Passagem dos grãos finos. 3 Britador de mandíbula. 4 Placa de proteção. 5 Transportador principal, (5a) controlador hidráulico, (5b) correia reforçada. 6 Separador magnético. 7 Motor, (7a) gerador. 8 Combustível e reservatório. 9 Esteiras de transporte.

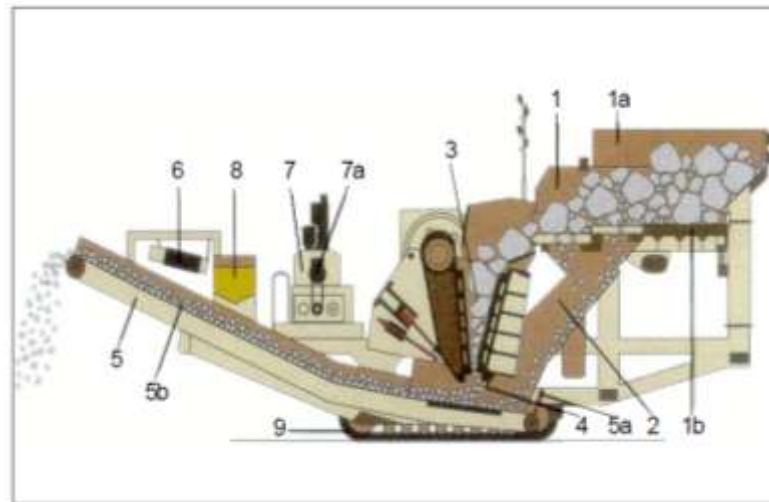


Figura 05. Seção Tansversal - britador de mandíbula sobre chassi móvel com acessórios.
 Fonte: Nordberg Machine. (SYMONDS, 1999, p.32).

Na Holanda, as plantas fixas têm perdido espaço para as móveis nos últimos anos. As vantagens apresentadas por estas últimas se referem à melhor adequação do beneficiamento no nível cooperativo (indústria da construção civil), no nível local e no nível social (HENDRIKS, 2004, p. 52).

A nível corporativo, as plantas móveis necessitam de uma plano de demolição seletiva, organizado a partir de conceitos ambientais que garantam a qualidade do agregado reciclado e da atividade através do monitoramento das substâncias contaminantes, como asbestos, lixiviados e sulfatos, entre outros. A nível local, as vantagens referem-se à ocupação temporária do espaço, bem como à redução dos impactos provocados na vizinhança (ruído e poeira).

Com relação ao nível social, Hendriks (2004, p. 55) afirma que existe o reuso total do agregado reciclado dentro da indústria da construção civil, através do direcionamento da produção ao emprego no mesmo canteiro ou em obras na região.

Da adequada previsão dos RCC gerados, decorre a escolha do tipo de beneficiamento a ser utilizado. As plantas móveis estão sendo vistas como uma das formas de respeitar a consciência ambiental em função das vantagens oferecidas sobre as plantas fixas. Essas vantagens superam aspectos de controle da contaminação do ambiente, da redução do impacto de vizinhança provocado pela localização das plantas fixas, bem como pela melhoria dos aspectos sociais do reemprego imediato do agregado.

Na Espanha, se diferenciam as fases do processamento em demolições e reciclagem dos materiais. Os RCC das demolições devem ser reduzidos em canteiro a tamanhos que possam ser triturados em planta primária para blocos menores até 1200 mm

(plantas fixas) e entre 400 a 700 mm (plantas móveis) (ESPAÑA, 2009). Mesmo nesses casos, a demolição seletiva é fundamental para redução das contaminações.

A GRCC na Espanha utiliza-se das plantas de transferência como instalações temporárias do RCC para que haja tratamento e destinação do resíduo a grandes distâncias dos canteiros. Sempre que possível, é recomendável a separação e classificação das frações dos RCC para melhorar a gestão do processamento e a valorização do RCC disposto, bem como o melhor emprego na destinação final.

Nas plantas de valorização, os RCC dispostos são selecionados e classificados em frações diferentes mediante suas substâncias em função da utilização a que será submetido. Essas plantas são compostas basicamente por britadores, esteiras transportadoras, eletroímã, eliminação de contaminação, separação de finos por ar. A classificação das plantas se dá em móvel, semi-móvel e fixa.

No Japão, Shima *et al.* (2005) afirmam que o método de aquecimento e atrito (Heating and Rubbing Method – HRM) é uma tecnologia que tem produzido agregado de alta qualidade a partir do concreto demolido. A planta é composta por 20 unidades portáteis que podem ser separadas facilmente para remoção e instalação em outros canteiros de obra. A Figura 06 mostra as etapas do beneficiamento, que compreendem a redução do concreto a diâmetro de 50 mm, após o que ele é aquecido a 300° C, em forno vertical. Em seguida, ele é enviado a um moinho horizontal, onde é friccionado por esferas de aço onde se separa a argamassa que atravessa a tela que reveste o cilindro internamente. Em outro moinho, são removidas as partículas mais finas (< 5 mm) de cimento e agregado ventilação e recolhido por filtros.

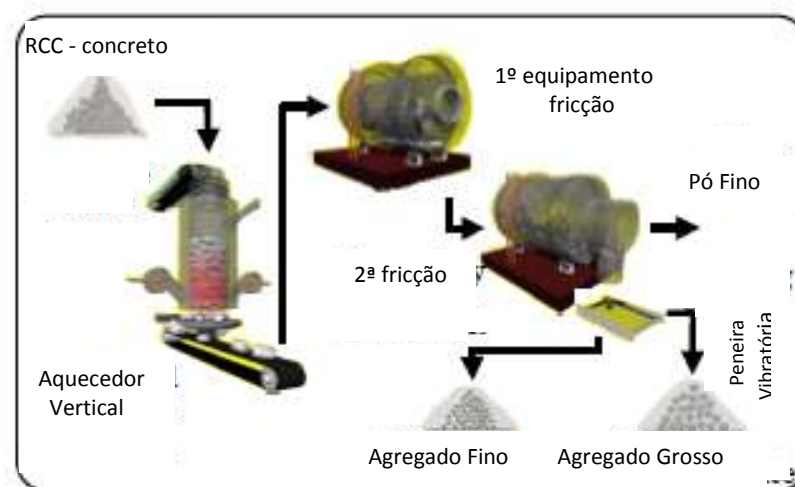


Figura 06. Processo de beneficiamento do agregado reciclado de alta qualidade.
Fonte: SHIMA *et al.* (2005).

d) Diretrizes Técnicas – Gestão das Usinas

O aproveitamento do concreto demolido como agregado para concreto reciclado estabelece o ciclo do reemprego com adequado aproveitamento ambiental. Na busca dessa eficiência, Holanda e Dinamarca empreendem programas de demolição seletiva para definir condições de reemprego dos resíduos antes da execução de qualquer atividade em canteiro. O critério a ser obedecido é o da visão ambiental, segundo o qual não há permissão de redução de materiais perigosos como amianto, metais pesados e contaminantes orgânicos. A Figura 07 mostra o fluxo do controle recomendado para as usinas européias.

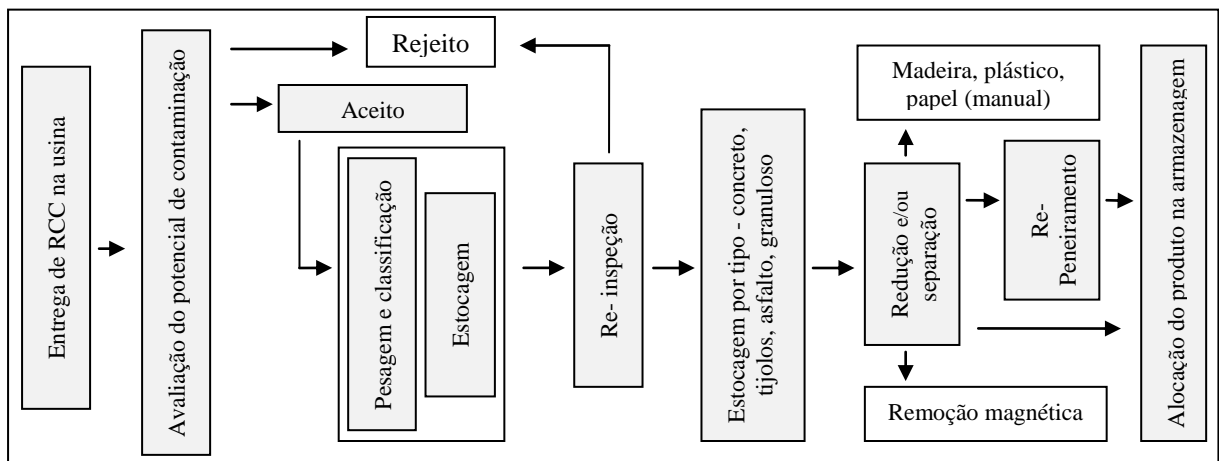


Figura 07. Método de controle em usinas na Europa. Fonte: Adaptado de WRAP (2005).

Os programas de demolição seletiva são requisitos dos procedimentos de monitoramento das atividades das usinas e se vinculam à produção do agregado reciclado dentro e fora dos canteiros de demolição, assim como a outras obras da região, como forma de reduzir custos, certificando-se da aplicação total do material e fechando o ciclo “construção – desconstrução – reconstrução”.

No Reino Unido, o Protocolo de Qualidade tem por objetivo fornecer um processo de controle uniforme para os produtores, demonstrando ao Estado que seu produto foi totalmente recuperado e que não existe desperdício, ao mesmo tempo em que fornece aos compradores um produto com qualidade normatizada, agregando maior confiança quanto ao desempenho.

Os procedimentos de controle de qualidade prevêm a auditoria como modo de assegurar o cumprimento da legislação quanto a GRCC. A finalidade principal reside em:

- a) indentificar o ponto em que os resíduos inertes utilizados para produzir agregados recuperados¹⁴ foram totalmente recuperados, deixando de ser um desperício e se tornando um produto;
- b) garantir adequadamente que o agregado recuperado atenda aos padrões comuns exigidos entre recuperados e primários.

A exigência e comprovação da conformidade às normas europeias para os agregados recuperados é intensa, o que significa que o produtor deve operar um sistema de controle de produção da fábrica, bem como os ensaios.

A aceitação dos RCC depende dos requisitos para recepção, que incluem a licença da GRCC ou o registro da isenção do licenciamento, a expressa observação aos tipos de resíduos que são aceitos e o método de aceitação.

A inspeção visual é realizada a cada carga, que depois é derrubada em área de recepção, para garantir a conformidade com os critérios de aceitação. Sempre que a porcentagem de qualquer material contaminante for maior que a definida nos critérios de aceitação, o lote é rejeitado. O registro de cada carga entregue e aceita contém: data, natureza e qualidade, o local de origem (se conhecida), quantidade de peso / volume, transportadora, fornecedor.

e) Diretrizes Técnicas – Produto das Usinas

A “Declaração de Métodos de Produção” estabelecida por WRAP (2005) consiste num detalhamento do processo e na valorização dos resíduos, bem como a relação de produtos produzidos. A declaração faz parte do controle do produto. A inspeção e o regime de testes devem ser detalhados e adequados ao uso do material final, considerando a qualidade dos resíduos recebidos e a complexidade do processo de valorização de resíduos.

O agregado reciclado produzido nesses países apresenta resultados favoráveis à melhoria da qualidade, pelo aperfeiçoamento dos equipamentos de britagem, pela eliminação dos resíduos indesejáveis, pela consciência ambiental necessária ao meio industrial da

¹⁴ Vem do processamento de resíduos inertes definidos dentro dos padrões e especificações europeus e britânicos admitindo as seguintes definições: Agregados podem ser naturais, fabricados ou reciclados. Agregado reciclado resultante da transformação de substâncias inorgânicas de material já utilizado na construção. RA – Denominação utilizada na BS 8500 de agregado reciclado, principalmente compreendendo alvenaria britada (alvenaria e alvenaria de blocos). RCA – Denominação utilizada na BS 8500 de agregado reciclado, principalmente compreendendo concreto esmagado. RAP – agregado reciclado composto de asfalto triturado ou moído. Isso pode incluir moendas, *planings*, cargas devolvidas, sobras e resíduos vegetais comuns.

construção civil, pelos acordos e legislações que estabelecem diretrizes para beneficiados, além de sua normalização.

A norma na Comunidade Européia condiciona o uso em concreto armado na proporção máxima de agregados reciclados de concreto, no conjunto dos agregados, a 25% para os agregados da classe ARB1¹⁵ e a 20% para os agregados da classe ARB2. Destinado a concretos simples, enchimento ou regularização em ambientes não agressivos, a porcentagem de incorporação não fica sujeita a qualquer limite (CEN, 2005).

Em Hong Kong, a substituição de 100% dos agregados naturais por reciclado só deve ocorrer em estruturas pouco exigidas, como bancadas e concreto ciclópico, limitando-se a resistência a 20 MPa. Nos concretos entre 20 e 35 MPa, pode haver utilização de até 20% de agregado reciclado, desde que se prescreva a composição para a menor resistência e se especifique o comportamento a que será submetido na maior resistência prevista (GONÇALVES, 2007, P.64).

Na Holanda, a utilização dos agregados reciclados em concreto simples, armado ou protendido é prevista, entretanto, o dimensionamento das estruturas de concreto com reduzida substituição dos agregados naturais (taxas de até 20%), quer na fração grossa, quer na fina, convencionando-se que, apesar dessa presença de reciclados, o concreto deve ser visto como convencional (GONÇALVES, 2007, P 77).

O Reino Unido se assemelha à União Européia, pois permite a utilização de reciclados em concreto limitando-se a exposição e a taxa de substituição a 20%, independente da classe de resistência entre C20/25 e C 40/50. A exceção está condicionada à prescrição do especificador. Nos concretos com menor classe de resistência, a substituição pode chegar a 100% (GONÇALVES, 2007, p. 73).

2.3.2 DIRETRIZES NACIONAIS

a) Diretrizes legais

A Política Nacional de Resíduos Sólidos prioriza não gerar, reusar e reciclar. Não gerar RCC exige soluções projetivas favoráveis à durabilidade dos materiais, à restauração em

¹⁵ As classes ARB1 e ARB2 são constituídas majoritariamente por concreto, misturado ou não com agregados não ligados. A classe ARC tem como constituintes principais o betão, agregados não ligados, e elementos de alvenaria, não havendo exigências quanto às percentagens relativas de cada um deles. As proporções relativas dos constituintes devem ser determinadas de acordo com o pr EN 933-11.

detrimento da demolição desordenada, à separação para reuso e à demolição seletiva para reciclagem do que é estritamente beneficiável.

A resolução CONAMA nº 307/2002 determina a criação dos “Aterros de Resíduos da Construção Civil”, que se destinam à disposição do RCC visando ao emprego futuro, como material triado ou pelo uso da área. Essa diretriz desfavorece o meio biótico pela ausência de indicadores máximos de contaminação do RCC disposto. A exigência do emprego das práticas de engenharia para confinamento pode ser percebida como insuficiente para garantir utilização futura da área sob condições seguras ao homem e ao ambiente.

Outra diretriz que interfere na qualidade do agregado reciclado é a aceitação de solos para o beneficiamento em usinas de reciclagem. Essa prática contamina o RCC fora e dentro das usinas e o produto gerado passa a ter pureza questionável como substituto do agregado natural na construção civil.

A proibição das disposições de RCC em aterros sanitários faz com que o Brasil se aproxime das soluções recomendadas por outros países, favorecendo investimentos em atividades de reciclagem.

A resolução CONAMA atribui aos municípios a responsabilidade da criação dos Planos integrados de gerenciamento do RCC e do Programa municipal de gerenciamento do RCC, de modo a permitir a implementação e o exercício das responsabilidades dos geradores respectivamente, uniformizando princípios da GRCC.

Os planos integrados são instrumentos de implementação da GRCC nos municípios. Neles, se estabelecem as diretrizes e procedimentos para identificar e providenciar a distinção entre os pequenos e grandes geradores, em conformidade com critérios do sistema de limpeza urbana local (CONAMA, 2004, p. 573).

Os grandes geradores devem elaborar projetos de gerenciamento de RCC com o objetivo de estabelecer os procedimentos necessários para manejo e destinação ambientalmente adequados, que devem ser fiscalizados pelos municípios. Entretanto, inexistente limite para a geração anual, tampouco diretrizes que incentivem a modernização e a industrialização ligadas à menor geração de RCC ou ao menor consumo de recursos, a exemplo dos agregados naturais.

Quanto aos programas de gerenciamento de RCC, eles devem estabelecer os procedimentos para manejo e destinação final do RCC do pequeno gerador, em áreas tipo Posto de Disposição de Entulho (PDE). O gerador é definido pelo volume momentâneo,

previsto pelo sistema de limpeza de cada município, predominando a geração vinculada somente ao volume, sem parâmetro inibidor e que favoreça a GRCC.

Nesse caso, existe contradição entre o princípio de não geração e a ausência de limites para gerar, dispor e tratar. Essa divergência justifica as atividades de correção e remediação para a geração do RCC, sendo possível apontar que:

- a) o RCC a beneficiar está sempre vulnerável a diretrizes que corrigem e remediam disposições no meio urbano, por deixar de garantir um resíduo que tenha adequada empregabilidade;
- b) o propósito de ordenar e limpar a malha urbana restringe a produção do agregado reciclado sempre que deixa de existir uma conduta assertiva do gerador;
- c) isso torna frágil a operação das usinas de reciclagem por não destinar a elas RCC adequados à produção de agregado reciclado mesmo para pavimentação, reduzindo as oportunidades de obtenção de agregados reciclados de boa qualidade.

Outro efeito que desfavorece as usinas de reciclagem é a ausência de incentivo ou obrigatoriedade da utilização dos agregados reciclados nas obras geradoras. Desse modo, a indústria e o pequeno gerador ficam insensíveis ao ciclo da reciclagem, ao tempo em que as GRCC tornam as prefeituras parceiras no consumo. É possível atribuir a essa inadequação a restrição da produção das usinas a agregados para pavimentação.

b) Diretrizes Técnicas – Implantação e produção

Em 2004, surgiram as diretrizes para a produção do agregado reciclado, editadas na NBR N° 15.114/2004, que fixa requisitos para projeto, implantação e operação de áreas de reciclagem de RCC – Classe A, se aplicando a materiais já triados.

A norma tem por objetivo o beneficiamento do RCC, não se fixando às condições de aceitação do produto reciclado, do seu emprego, da sua certificação ou do controle de qualidade que garanta aplicabilidade e sustentabilidade ambiental.

As usinas de reciclagem de RCC devem ser reconhecidas como mecanismos de recuperação que evitam o desperdício de matéria prima mineral passível de reemprego na construção civil. Em 2009, o Brasil possuía usinas de reciclagem de RCC distribuídas conforme a Figura 08, apresentando concentração na região Sudeste, particularmente no estado de São Paulo.

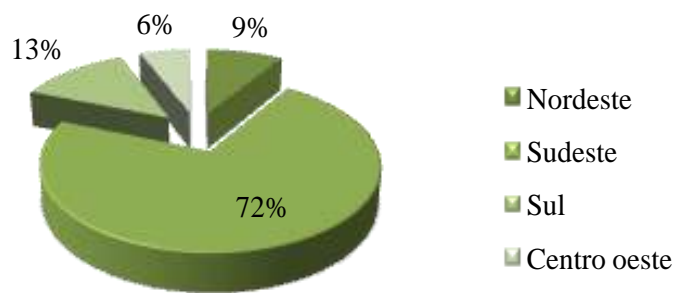


Figura 08. Unidades de Reciclagem de RCC por Região do Brasil. Fonte: MIRANDA, et al. (2009).

A Figura 09 retrata o total das usinas implantadas no país e as que permanecem em atividade, além das unidades em fase de implantação. As usinas de menor e maior capacidade de produção em t/h apresentam acentuada desativação, podendo indicar que existe divergência entre as demandas de produção e as diretrizes de projeto e implantação e operação das unidades. O Apêndice A mostra a relação das usinas em atividade no Brasil até dezembro de 2009.

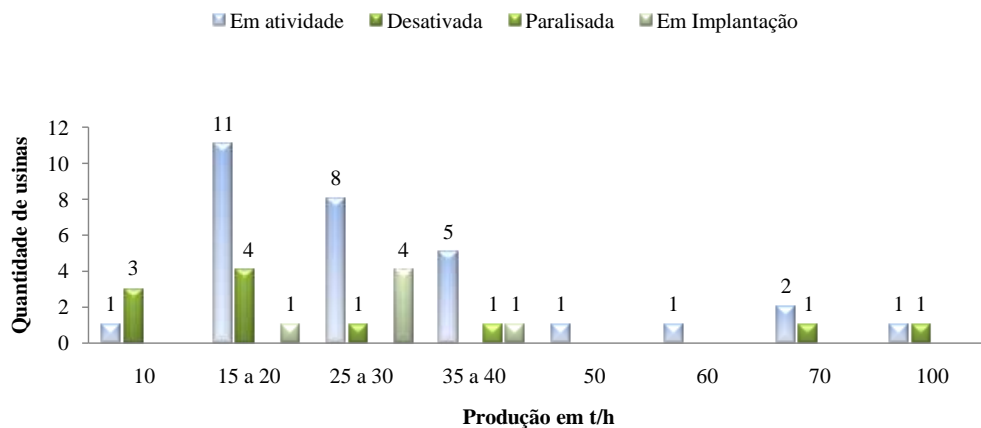


Figura 09. Unidades de Reciclagem de RCC do Brasil x Atividade Produtiva. Fonte: MIRANDA, et al. (2009)

No Quadro 04, se relacionou causas das desativações de 08 das 10 unidades, o período de operação e a capacidade de beneficiamento.

Região	Estado	Cidade	Ano de Instalação	Ano de Desativação	Causas	Capacidade Produção	Implantação	Fonte
Sudeste	SP	São Paulo	1991	2002	Nunca atingiu as metas de cominuição Equipamento sem manutenção Ausência de GRCC municipal	100 t/h	"Pública"	(NUNES, 2004)
Sudeste	SP	Ribeirão Pires	2003	2003	Equipamentos roubados Instalada em área ambientalmente protegida e região de mananciais da cidade de São Paulo Ausência de GRCC municipal e Presença de catadores	30 t/h	"Pública"	(NUNES, 2004)
Sudeste	SP	São José dos Campos	1997	1998	Altos custos de produção e Equipamentos obsoletos Grandes estoques de agregado reciclado	30 t/h	"Pública"	(NUNES, 2004)
Sul	PR	Londrina	1993	2003	Presença de catadores Poluição atmosférica e sonora Intervenção do Ministério Público	20 t/h	"Autarquia"	(CUNHA, 2007)
Sudeste	SP	São Paulo	1991	1999	Encerrado Consumiu R\$ 32,00 por tonelada disposta	15 t/h	"Pública"	(CARELI, 2008)
Sudeste	MG	Muriaé	1997	Não informado	Não informado Indício – Ausência de GRCC municipal	08 t/h	"Pública"	Contato Telefônico
Sudeste	SP	São Bernardo dos Campos	2005	Não informado	Número de telefone desativado Não possui e-mail disponível na internet	70 t/h	"Privada"	Contato Telefônico
Sul	RS	Ciríaco	2003	Não informado	Não informado	15 t/h	"Pública"	Contato Telefônico e e-mail
Centro Oeste	DF	São Sebastião	1999	2001	Não informado Indício – Ausência de GRCC municipal	03 t/h	"Pública"	(NUNES, 2004)
Sudeste	RJ	Macaé	1998	2004	Ausência de continuidade da gestão pública Indício - Ausência de GRCC municipal	08 t/h	"Pública"	Contato Telefônico e e-mail

Quadro 04. Unidades de Reciclagem de RCC Desativas no Brasil até novembro de 2008.

Fonte: Adaptado de MIRANDA, et al. (2009)

As usinas desativadas possuíam produção em t/h com relativa divergência, indicando ausência de parâmetro comum que tivesse permitido definir a capacidade de redução do RCC mediante a geração dos municípios. Dentre o total dessas usinas, 09 possuíam administração pública, 1/3 delas foi implantada após 2003 e desativadas em menos de 5 anos de operação.

As causas do encerramento da produção sugerem concepções inadequadas, que foram determinadas durante as fases de projeto, implantação e operação.

O roubo dos equipamentos, a ausência da GRCC municipal, a presença de catadores na área da usina e a instalação em área de mananciais de abastecimento hídrico do município remetem a diretrizes técnicas que deixaram de ser adequadamente avaliadas, em detrimento de condicionantes externos ao trinômio “projeto, implantação, operação”.

Em pelo menos 08 das usinas desativadas, a localização do terreno contribuiu para o encerramento das atividades. Valle (1975, p.42) chamava atenção para os despejos de resíduos sólidos, líquidos ou gasosos, que tenderão progressivamente, a ser mais controlados, seja no âmbito da região, seja no âmbito nacional e mesmo internacional. Na época, ele já recomendava a escolha de áreas livres de mananciais hídricos quando da implantação de indústrias.

O local de instalação de uma usina de reciclagem de RCC é uma decisão estratégica e faz parte do processo de planejamento, independente do agente financiador. Na iniciativa privada, a predominância pode levar a requisitos de maior rentabilidade com menor custo, parâmetro que pode fugir ao setor público em virtude do caráter social ou das necessidades de crescimento regionais (MOREIRA, 2001).

Entretanto, aspectos físicos do terreno auxiliam na seleção das localidades mais recomendadas, garantindo as condições operacionais e ambientais do empreendimento. Relevo, facilidade de acesso, qualidade do solo, proximidade dos insumos, presença de matéria prima, distância de transporte da matéria prima e do produto e condições climáticas são fatores a serem analisados cuidadosamente de forma a não interferir nas atividades produtivas, nem provocar perda econômica (MOREIRA, 2001).

O arranjo físico para implantação das usinas de reciclagem de RCC deve permitir minimizar o transporte, eliminar pontos críticos da produção e suprimir demoras entre as operações. Negligenciar etapas do planejamento significa perder tempo, provocar ociosidade dos equipamentos e interrupção no trabalho dos empregados. O produto a gerar e a quantidade a produzir são vistos como elementos fundamentais para a análise (MUTHER, 1978).

Duarte *et al.* (2007) entendem que as diretrizes de implantação das usinas de reciclagem de RCC estão relacionadas ao volume de geração dos resíduos que serão reciclados, ao tipo de agregado reciclado advindo do beneficiamento e à aplicação a que se destina. Cita ainda que é importante um detalhado estudo de localização da instalação da área e dos equipamentos.

c) Diretrizes Técnicas – Beneficiamento

A produção das usinas de reciclagem tem semelhança com atividades de mineração nas fases de redução e transporte por correia, que determinam a movimentação de materiais demarcando o roteiro das operações.

Os equipamentos de redução são fixos ou semi-móveis, sendo essa a tendência brasileira para a escolha do britador, que pode ser de impacto ou mandíbula, não sendo a mobilidade uma alternativa para redução. Exemplo disso são as diretrizes operacionais do projeto da BDE da Cidade do Salvador, que admitem que o núcleo de redução da usina (com britador de impacto) foi determinado pela quantidade de RCC a reciclar, pelas dimensões dos blocos presentes no RCC e pela granulometria necessária ao agregado reciclado quando de seu emprego (SALVADOR, 1999).

Para Angulo *et al.* (2005a), existe uma grande variedade de técnicas que podem ser utilizadas para melhorar a qualidade do agregado reciclado, como scrubber¹⁶, dosador de agregados, classificadores pneumáticos¹⁷ e jígues¹⁸, que podem reduzir as proporções de finos e de materiais orgânicos e leves (ou porosos), melhorando a qualidade do agregado reciclado.

A opção por usina fixa e a implantação de equipamentos que melhorem a produção necessitam de estudo do impacto de vizinhança. A localização estratégica do mercado consumidor atenua custos com transporte, mas interfere na aceitação popular, bem como provoca restrições produtivas que reduzem a capacidade operacional.

¹⁶ Um tambor cônico com barras elevatórias na forma de espiral, alimentado longitudinalmente. O agregado reciclado juntamente com a água são inseridos no tambor. O material sólido é levantado pelas barras elevatórias e cai sobre a polpa dentro do scrubber, gerando intensa atrição, que limpa as partículas. A água é alimentada em contracorrente e conduz as partículas leves, compostas por material orgânico leve e por finos, na direção da alimentação, sendo desaguado em uma peneira; a água utilizada no processo é recuperada e recirculada. O movimento é responsável pela intensa lavagem e conduz o agregado lavado até a outra extremidade, onde é retirado do banho, desaguado e descarregado (ÂNGULO *et al.* 2009).

¹⁷ Equipamento de separação da fração leve do agregado, por via seca, que utiliza corrente de ar, sendo a ascendente mais eficiente. Ele pode ser colocado sobre os pontos de transferência das correias ou nas mesmas (ÂNGULO *et al.* 2005).

¹⁸ Equipamentos que separam partículas leves das mais pesadas, por via úmida através de concentração gravítica, e que operam entre 19 e 4,8 mm. Podem reduzir as proporções de finos e de materiais orgânicos e leves (ou porosos), melhorando a qualidade do agregado reciclado. A jígagem é descrita por muitos autores como a etapa efetiva para separar materiais de alta porosidade (baixa massa específica aparente) dos menos porosos (ÂNGULO *et al.* 2009).

Vários autores afirmam que os agregados reciclados das usinas fixas apresentam requisitos técnicos mais adequados quando comparados aos produzidos em usinas móveis. Eles concordam ainda que estas têm custo de implantação mais elevados (RILEM, 1994; HENDRIKS, 2000; LEITE, 2001; BALÁZS, KAUSAY e SIMON 2008).

A qualidade do agregado reciclado como material de construção mantém correlação com sua aplicação, sendo significativa a interferência das diretrizes ligadas à uniformidade dos RCC, ao controle de recebimentos da matéria prima, à armazenagem, ao controle do produto, entre outras.

d) Diretrizes Técnicas – Gestão das Usinas

Diretrizes que interferem na qualidade da produção de forma acentuada e irreversível são delimitadas pelo projeto, implantação e operação das usinas. Na unidade prevista para Cidade do Salvador, o controle de qualidade prevê a disposição do RCC intercalado na armazenagem para favorecer a homogeneização, a retirada de contaminantes (gesso, cimento amianto, papel, plástico, borrachas, espumas, tintas, entre outros), a alimentação do britador com RCC do mesmo tipo e o britamento somente de RCC descontaminado (SALVADOR, 1999).

O controle de qualidade previsto no projeto da BDE da Cidade do Salvador para a usina é dividido em quatro fases:

- a) Teor de contaminantes no agregado reciclado. Feito pela divisão da massa de RCC pesado pela massa de resíduo retirada da usina. A frequência semanal prevista define procedimentos para recepção e triagem. Deve ocorrer antes e após redução, obedecendo a NBR nº 7.216/1987 para amostragem de agregados. O agregado reciclado retido na malha 4,8mm é pesado e segregado manualmente e novamente pesado. Determina-se os teores diferentes e o teor total da amostra, os resultados admitidos são 0,5% em massa para Agregado Reciclado Misto (ARM) e 0,25% para Agregado Reciclado de Concreto (ARC).
- b) Granulometria. Feito pelo ajuste do equipamento de britagem, devendo ser confirmada por ensaios específico. Frequência não especificada.

- c) Controle da composição do agregado reciclado de concreto. Feito pela redução preferencial do RCC de concreto estrutural e componentes de concreto e argamassas de boa resistência mecânica, ricas em cimento. Na produção do ARM, deve ser limitada a presença de RCC de concreto, obedecendo à rigorosa homogeneização.
- d) Controle da homogeneização dos RCC. Feito pela descarga dos RCC para descontaminação, abertura de pilhas de descontaminação, formação de pilhas de material triado, alimentação com RCC homogeneizado, formação de pilhas de agregado reciclado e expedição (SALVADOR, 1999).

A existência de diretrizes de controle tecnológico do material reciclado para uso isolado ou combinado amplia a aceitação do produto no mercado consumidor e impõe às usinas de reciclagem o beneficiamento de materiais mais adequados às necessidades de consumo.

Para Hendriks (2000), as usinas de reciclagem influenciam na qualidade dos vários produtos dependendo do número de etapas do processo, do tipo de cominuição usado e do método de separação. Admite ainda que, na Holanda, se consegue produzir dois tipos de produtos que ele identifica como sendo “materiais para construção” e “materiais para pavimentação”.

e) Diretrizes Técnicas – Produto das Usinas

As diretrizes das usinas devem implicar em uma produção física, tangível, que seja oferecida ao público, mediante atividades planejadas, organizadas e controladas (MOREIRA, 2001, p.2). O produto gerado deve ter aplicação imediata, não oferecer riscos, respeitando aspectos sociais de aceitação e conformidade com a norma.

O controle de qualidade do agregado reciclado é previsto na NBR nº 15.116/2004 com frequência mínima estabelecida com a formação de lotes equivalentes à produção mensal (ou dentro do período de um mês), ou formação de volume máximo de 1500 m³, o que ocorrer primeiro. Isso deve ser realizado para cada tipificação (ARC, ARM) do resíduo classe A e graduação granulométrica produzida. O Quadro 05 indica o tipo de ensaio e a frequência de realização.

Propriedade	Frequência	
	Concreto não estrutural	Camada de pavimento
Granulometria	Não se aplica	A cada lote
Teor de finos	A cada lote	Não se aplica
Absorção	Graúdo	A cada lote
	Miúdo	
Argila e Materiais friáveis	A cada lote	Não se aplica
Índice de forma (Graúdo)	Não se aplica	A cada lote
Índice suporte Califórnia	Não se aplica	A cada lote
Composição	A cada lote	
Materiais não minerais (Miúdo)	A cada lote	
Teor de cloretos	Uma vez por mês ou 6000m ³	Não se aplica
Teor de sulfatos	Uma vez por mês ou 6000m ³	

Quadro 05. Ensaio e frequência de ensaios para agregado reciclado

Fonte: ABNT (2004b)

O Quadro 06 foi construído a partir das referências constantes na NBR 15.116/2004 e no texto base que especifica o emprego do agregado reciclado obtido da redução do concreto para uso em estrutura de concreto, encaminhado ao Comitê Técnico da ABNT (Comitê Brasileiro - CB - 18 - cimento, concretos e agregados), que estabelece os requisitos para a fração graúda, conforme descrito.

Propriedades	Agregado Reciclado Classe A				Demandas do agregado reciclado para concreto estrutural (CB-18)	
	ARC		ARM		Graúdo	Miúdo
	Graúdo	Miúdo	Graúdo	Miúdo		
Teor de fragmentos de cimento e rocha (%)	≥ 90	-	<90	-	REC do Concreto (100)	
Absorção de água (%)	<7	<12	<12	<17	<7	<12
Contaminantes – Teores máximos em relação à massa do agregado reciclado (%)	Cloretos	1			0,35	
	Sulfatos	1			1	
	Material não mineral	2			0,5	
	Betume e materiais Carbonáticos	-			1	
	Solos e materiais orgânicos	-			0	
	Torrões de argila	2			-	
	Teor total máximo de contaminantes	3			2	
Teor de material passante na malha 75 µm (%)	<10	<15%	<10%	<20%	-	
Porcentagem máxima de agregado reciclado	-				20%	
Limite de resistência a compressão (28 dias)	-				40 MPa	
Massa específica do agregado reciclado (kg/m ³)	-				2300	
A NBR nº 15.116/2004 considera como materiais não minerais: madeira, betume, materiais carbonizados, vidros e vidrados cerâmicos						

Quadro 06. Índices de Qualidade do agregado reciclado e demandas para concreto estrutural.

Fonte: ABNT (2004a, p. 5); OLIVEIRA, ASSIS e MATTOS (2004, p. 165)

A comparação entre os valores do Quadro 08 resulta em índices menores para cloretos, materiais não minerais e teor total de contaminantes. É inaceitável a presença de solos e materiais orgânicos quando o agregado reciclado for destinado ao concreto estrutural. As diferenças não expressam aumento significativo para o controle de qualidade do agregado reciclado, mas sim indiscutível diferença quanto à matéria prima a ser utilizada nas usinas (grifo do quadro).

A ausência de normatização para agregados reciclados em concretos estruturais pode estar ratificando a produção das usinas com reduzido controle de qualidade para assegurar as características necessárias ao produto como material de construção que substitua os agregados naturais.

Por outro lado, isso encoberta práticas inadequadas de gestão em canteiros de obra, sobretudo nas demolições. A implementação de diretrizes que concedam certificações de conformidade ao agregado reciclado produzido, que permitam incentivos fiscais à aquisição e utilização de materiais reciclados, bem como a disciplina para a prevenção e reinserção do RCC podem auxiliar no desenvolvimento de práticas responsáveis e seguras.

Hendriks (2004) afirma que são boas as possibilidades de cuidados fora das usinas para melhoria da qualidade do produto final, resultando em aplicações mais nobres para os agregados reciclados.

Diretrizes de segregação se relacionam com a economia energética, mas enfretam as barreiras da aceitação cultural, fragilidade na fiscalização da disposição irregular e informalidade das relações de trabalho. Hendriks (2000) destaca a diversidade e a previsibilidade de redução das chances de reciclagem em sociedades não adaptadas culturalmente a um desenvolvimento mais sustentável.

Para Tam *et al.* (2009), 98% dos resíduos de concreto do Japão estão sendo aproveitados no uso em concretos estruturais. Os altos benefícios são atribuídos ao fato de que há uma maior consciência para a adequada seleção dos resíduos, tecnologia e treinamento, que são complementados com a regulamentação legal.

A uniformidade de procedimentos nas usinas melhora da qualidade do agregado reciclado, além de favorecer a padronização e a conceituação junto aos mercado dos materiais de construção. Essa dinâmica operacional sugere que as usinas de reciclagem de RCC podem ser flexíveis, se adequando ao mercado consumidor, já que tem condição de desenvolver novas linhas de produtos.

A Figura 10 mostra a correlação das interferências entre as diretrizes para a produção e os indicadores para a produção de um agregado reciclado com vista à empregabilidade e sustentabilidade.

Quanto à aplicação do agregado reciclado se estabeleceu, com base na literatura, uma relação entre alterações que são provocadas nos concretos reciclados em decorrência do uso do agregado reciclado.

Com base nessa sequência, se delineou o quadro referencial que constitui a avaliação das usinas da região Nordeste do Brasil mediante os requisitos de conformidade com a norma em vigor e com as solicitações para o agregado reciclado como material de construção.

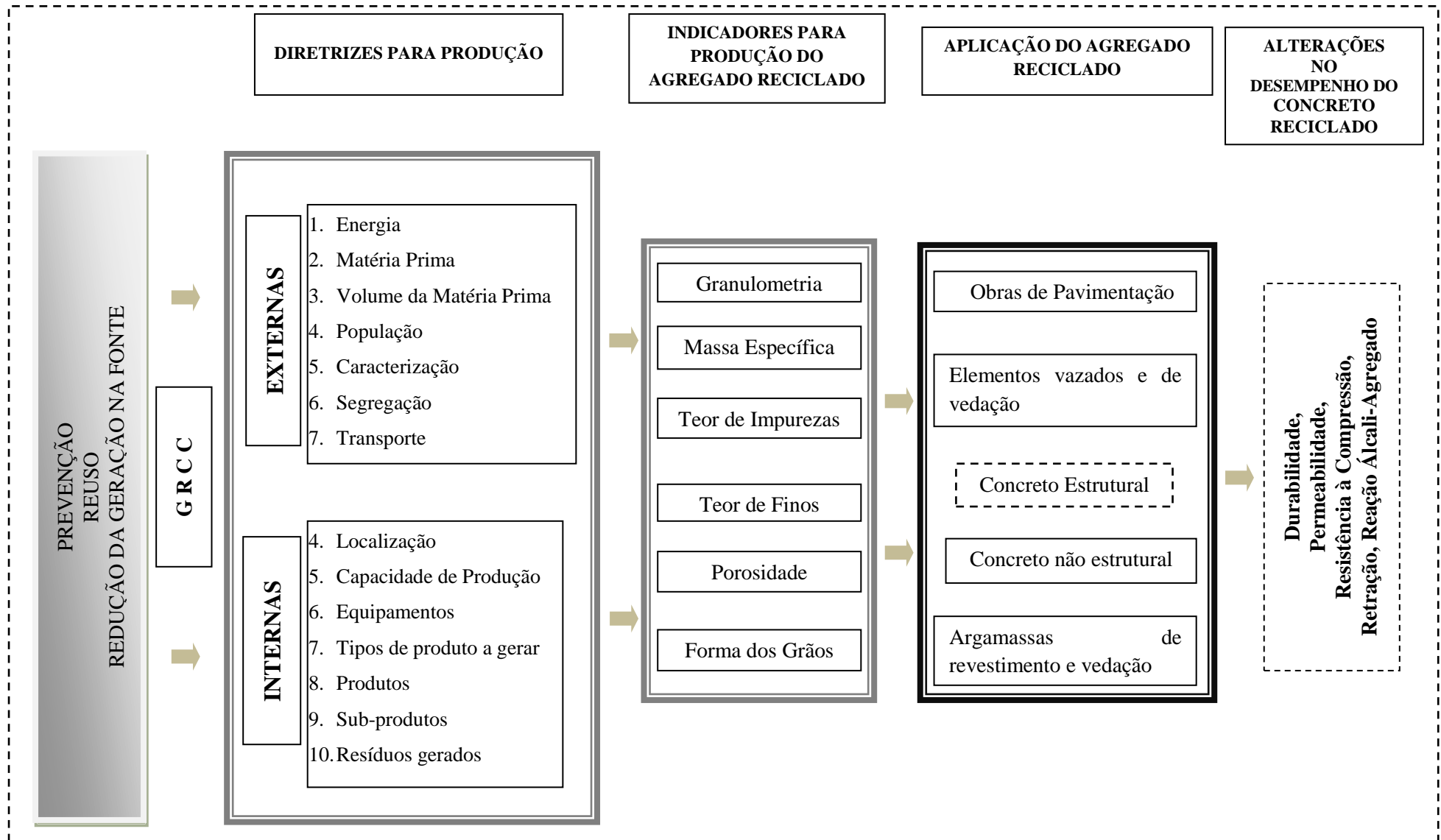


Figura 10. Interferências das usinas no agregado reciclado.

2.4 CONSIDERAÇÕES AO CAPÍTULO

A definição de RCC na União Européia e em outros países converge quanto à clareza e ao significado. A definição brasileira concentra termos e classificação que não estão garantindo a melhor aplicabilidade a esse resíduo.

Com relação à geração do RCC, as diretrizes internacionais estudadas apontam para elevação dos custos de disposição dos resíduos, sendo vedada a disposição em aterros sanitários dos RCC que possuem tecnologia de reuso e reciclagem conhecida. Outra destinação é a incineração dos resíduos perigosos, etapa preferida e recomendada em parte dos países europeus.

A perspectiva da elevação dos custos para disposição tende a inibir a disposição dos resíduos aproveitáveis. Nesse aspecto, a Irlanda possui determinação legal que atrela a reciclagem dos RCC a um produto que tenha aplicabilidade imediata, não se recomendando a armazenagem. Essa orientação inibe e destina a geração do RCC ao reemprego. Tendência semelhante é adotada no Japão através do ciclo social e da economia social, que incentivam a redução do consumo de recursos naturais.

No Brasil, o impedimento da disposição do RCC em aterros sanitários é insuficiente como dispositivo inibidor da geração, bem como da recorrente disposição irregular na malha urbana. As taxas para disposição final do RCC em aterros de inertes, quando cobradas, são inferiores às taxas internacionais e desfavoráveis como dispositivo econômico para a redução da geração, sobretudo pela facilidade da disposição irregular na malha urbana.

Por outro lado, a ausência de diretrizes voltadas para a produção do agregado reciclado incentiva práticas que reduzem a empregabilidade em virtude da GRCC praticada pelos agentes envolvidos na geração do RCC.

Os agregados reciclados são vistos de modo significativamente diferente entre os países, uma vez que devem atender ao mesmo emprego dos agregados naturais apesar das diversidades geográficas e ambientais. No Brasil, o agregado reciclado produzido em usinas de reciclagem está associado à imagem de produto reciclado, sem possuir terminologia normatizada pouco difundida. Sua identificação se refere ao teor da substância que predomina na composição, referência que também determina o uso.

Quanto às usinas de reciclagem, alguns países as identificam como empreendimentos a serem estudados e desenvolvidos para a adequação ao meio social,

industrial e ambiental. Entretanto, elas devem oferecer um produto de melhor qualidade que atenda a padrões e certificação dos materiais de construção independente do recurso (natural ou reciclado) utilizado na sua produção. As usinas brasileiras possuem poucos vínculos e são frágeis quanto a diretrizes que imponham limites ou parâmetros reguladores de qualidade, empregabilidade e variabilidade do agregado reciclado.

Essa fragilidade pode ser estendida ao consumo dos produtos reciclados, que têm no poder público seu principal comprador, aspecto inadequado para a produção pela limitação da diversidade de produto comercializado, bem como por deixar de atender aos requisitos técnicos de um produto ambientalmente sustentável e deixar o gerador do RCC à parte do ciclo de vida do material de construção.

No que se refere à GRCC, ela deve garantir as condições de tratamento dos resíduos de modo a destinar toda a substância utilizável, descartando-se a inservível. Os esforços internacionais, com relação à GRCC, estão voltados para acordos multilaterais tendo como objetivo a prevenção da geração através de boas práticas para menor agressão ambiental.

No Brasil, a GRCC teve início em municípios, de maneira isolada, nas regiões Sudeste e Nordeste, destacando-se inicialmente Belo Horizonte e Salvador. A partir de 2002, com a resolução CONAMA nº 307/2002, houve crescimento das legislações municipais. Contudo, elas não apresentam parâmetro comum em relação à geração, desfavorecendo o beneficiamento em usinas de reciclagem de RCC. Os municípios brasileiros também necessitam de metodologia adequada que possibilite determinar a geração de RCC a beneficiar de modo que se favoreça a atividade industrial da reciclagem.

As diretrizes internacionais para a produção do agregado reciclado estão voltadas para a relação de igualdade entre os requisitos técnicos e comercialização dentre os produtos naturais e reciclados, incentivando a certificação dos produtos e a paridade entre os componentes (reciclados ou naturais). O esforço é normalizar a proporção de agregado reciclado a ser adicionada para uso, observando-se as condições de exposição do material impostas pelo ambiente. A recomendação está em observar a matéria prima (RCC) e o produto a comercializar.

No Brasil, as diretrizes não estabelecem relações com as necessidades de consumo do agregado reciclado *in natura* ou sob forma de artefatos. Insatisfatória também é a condição de não obrigatoriedade do uso do agregado reciclado na incorporação de construções sempre que existam procedimentos de demolição. Em particular, essas ausências contribuem para a

reduzida percepção de responsabilidade do gerador quanto aos impactos ambientais negativos (urbanos ou não) provocados pelo RCC.

Com relação às diretrizes técnicas para a produção, internacionalmente predominam o interesse por plantas móveis que se adequem aos conceitos ambientais, com menor impacto provocado na vizinhança, sobretudo quanto ao ruído, poeira e vibração.

As instalações utilizam combinações de equipamentos de britagem, promovendo a rebritagem, fricção e lavagem, que permitem atender os requisitos técnicos solicitados para o produto final quando do seu emprego.

Nas usinas brasileiras, predomina a utilização das plantas fixas ou semi-fixas, fator que contribui negativamente quanto ao impacto provocado na vizinhança e que desfavorece socialmente a atividade da reciclagem.

As diretrizes brasileiras relativas ao RCC necessitam de redirecionamento quanto aos princípios de não geração, reuso e reciclagem de modo a favorecer a implantação de uma GRCC que se volte para o aproveitamento mineral com menor variabilidade, seja para reuso, seja para reciclagem.

Os municípios brasileiros devem manter consenso sobre os programas de gerenciamento de RCC destinado ao pequeno gerador de modo a haver uniformidade de conduta. A possibilidade dessa adequação vir a ser regional deve ser analisada em virtude das dimensões geográficas do Brasil, sobretudo pela diversidade construtiva empregada.

As diretrizes técnicas previstas pela NBR nº 15.114/2004 estão intimamente relacionadas às atividades produtivas, sem destacar as técnicas necessárias para a produção do agregado reciclado, visando à inserção no mercado consumidor.

3. METODOLOGIA

Neste capítulo, é descrita a metodologia utilizada na pesquisa, bem como as alternativas que se adequaram à construção, à análise e às recomendações para a produção dos agregados reciclados, particularmente para a cidade de Salvador.

3.1 ESTRATÉGIAS DA PESQUISA

A fase exploratória da revisão literária permitiu adequação e flexibilidade à delimitação da pesquisa, ao aprimoramento das idéias, além de descobertas e orientação durante a coleta dos dados.

Para Gonçalves (2005), a pesquisa exploratória envolve, em geral, três aspectos:

- A. Levantamento bibliográfico;
- B. Entrevista com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado;
- C. Análise de exemplos que estimulem a compreensão.

O estudo de caso conduziu aos objetivos propostos através da observação direta, das entrevistas estruturadas e semi-estruturadas que foram realizadas durante a visita as usinas de reciclagem de RCC e na construção do panorama da GRCC praticada na Cidade do Salvador. Para Yin (2005), o estudo de caso proporciona uma variedade de evidências a partir dos documentos, observações, entrevistas, artefatos, imagens e permite o estudo convencional.

Através da coleta dos dados nas usinas, foi possível analisar e confrontar o referencial teórico com as evidências, bem como com os dados coletados, permitindo avaliar as usinas e elaborar proposições para a produção do agregado reciclado. A realização da visita em dois dias sucessivos permitiu a retomada de questionamentos e observações, destinando-se o segundo dia principalmente ao levantamento fotográfico.

Na cidade de Salvador, os dados foram obtidos a partir do setor público através de visitas sistemáticas, devidamente autorizadas, oportunidades em que se recorreu a entrevistas estruturadas e análise documental. Os órgãos visitados têm atuação nas esferas municipal, estadual e federal.

3.2 DELINEAMENTO DA PESQUISA

A pesquisa foi subdividida em três fases. Na primeira fase, se fez a revisão literária quando se determinou as categorias que serviram de base para a elaboração dos instrumentos de coleta de dados (questionários e entrevistas), bem como seleção das usinas e montagem do roteiro das visitas.

Na segunda fase, se realizou a coleta em cada unidade produtiva, iniciando-se pelo Estado do Maranhão, seguido de Ceará, Paraíba e Pernambuco. Após as visitas, se analisou os dados.

Na terceira etapa, se realizou a caracterização da GRCC em Salvador. Os dados foram obtidos na LIMPURB e na malha urbana a partir da prática constatada, em intervalos de tempo diferenciados, oportunidade em que se coletaram informações diretamente dos geradores e transportadores de RCC nos pontos de disposição irregulares e nos Pontos de Descarga de Entulho (PDE). Nessa fase, também se realizou o levantamento da geração do RCC e o consumo de agregado natural na região metropolitana. A figura 11 apresenta um fluxo das fases descritas.

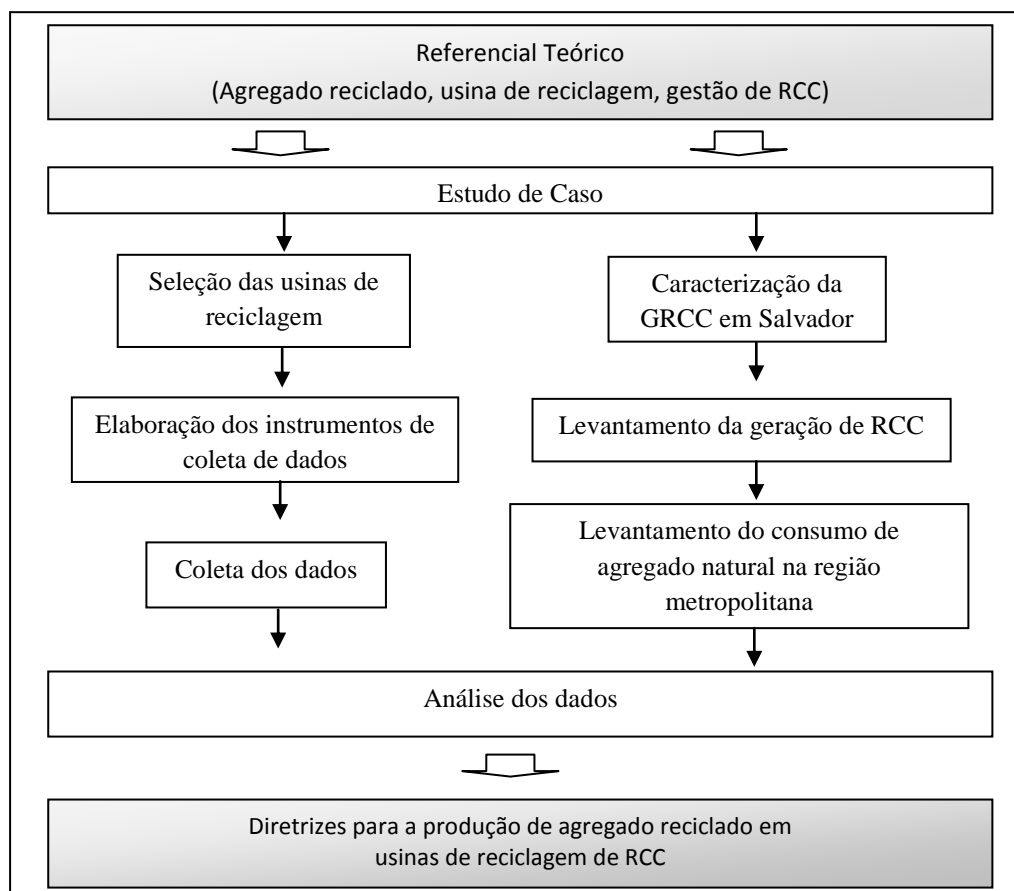


Figura 11. Delineamento da Pesquisa

a) Seleção das usinas de reciclagem

A pesquisa bibliográfica sobre temas relativos à GRCC e beneficiamento do RCC permitiu selecionar as usinas de reciclagem a estudar, além de aprofundar o conhecimento sobre as interferências externas e internas ao processo produtivo das usinas, estabelecendo as influências da produção na qualidade do agregado reciclado.

Nessa fase, se pretendeu estudar detalhadamente a produção do agregado reciclado de modo que fosse feita a análise das interferências (externas e internas) às usinas. Para tanto, o estudo de caso das unidades, na região Nordeste, contribuiu na investigação dos condicionantes da produção mediante conformidade a norma brasileira NBR nº 15.114/2004.

A seleção das usinas se deu pela necessidade da constatação das atividades produtivas em uma unidade industrial. Por outro lado, a revisão da literatura suscitou a pouca referência as usinas da região Nordeste, assim como a falta de descrição de suas atividades e produtos disponibilizados. O fato de serem apenas quatro contribuiu para a viabilidade econômica da coleta dos dados *in loco*.

As usinas selecionadas foram identificadas através de um breve levantamento feito por busca eletrônica para delinear as principais características e os contatos necessários. Através de ofícios e contatos telefônicos, foi possível realizar a solicitação para autorização da visita, a apresentação pessoal, formalizar os objetivos da visita, além do roteiro previsto para a atividade de campo.

O Quadro 07 apresenta a relação das usinas visitadas em ordem alfabética dos municípios, a capacidade de produção e a localização. No capítulo dos resultados, a identificação das usinas foi feita segundo sequência alfabética “A”, “B”, “C” e “D”, determinada previamente por sorteio aleatório.

Cidade	Designação	Capacidade Produção (t/h)	Natureza
Fortaleza	Usina de Reciclagem de Fortaleza – USIFORT	50	Privada
João Pessoa	Usina de Beneficiamento de Resíduos Sólidos da Construção e Demolição – USIBEN	20	Pública
Petrolina	Usina de Beneficiamento de Entulho – UBE	20	Pública
São Luís	URCD Ilha Grande Comércio, serviços e Construção	40	Privada

Quadro 07. Relação das usinas de reciclagem de RCC da região nordeste do Brasil.

A USIFORT está localizada no município de Fortaleza, na rodovia BR 116 nº 2.199. Em funcionamento desde 1997, tem uma produção média diária em torno de 400 t/dia.

A Usina de Beneficiamento de Entulho (USIBEN) está situada na Rua Antonieta Sátyro s/nº – Jardim Laranjeiras – Bairro José Américo, João Pessoa, Paraíba. Pertencente à iniciativa pública, está em operação desde 11 de dezembro de 2007, perfazendo 2 anos e 5 meses à época da visita.

A Usina de Tratamento de Resíduos (UBE) está sediada na rua Rio Salgueiro, nº 70, Bairro José e Maria em Petrolina.

A URCD Ilha Grande Comércio, Serviços e Construção está implantada no município de São José do Ribamar à rua Nossa Senhora da Vitória, 25 – Alto do Turu III, Maranhão. Essa usina está implantada estrategicamente a uma distância equivalente do centro de São Luis e da área de expansão da cidade, de modo que a distância percorrida para entrega do RCC está em torno de 15 km.

b) Elaboração dos instrumentos e coleta de dados nas usinas de reciclagem

Ciribelli (2003) afirma que a pesquisa de campo se baseia na observação dos fatos como eles ocorrem na realidade, utilizando entrevistas, questionários, consultas, registro de ocorrências sobre determinados fenômenos para obtenção dos dados. O pesquisador evidencia os fatos ou fenômenos através da observação direta ou do levantamento, entre outros instrumentos.

Para a pesquisa de campo foi elaborado um questionário (Apêndice B) que teve como base a Norma NBR nº 15.114/2004, bem como as normas complementares nela citada. O objetivo foi verificar se as diretrizes de implantação, projeto e operação mencionados em norma foram atendidas e como elas interferem na produção.

A legislação de cada município sede das usinas foi consultada como forma de auxílio às atividades de campo. Em Fortaleza, se analisou a Lei municipal nº 8.408 de 24 de dezembro de 1999 que estabelece normas de responsabilidade sobre a manipulação de resíduos produzidos em grande quantidade ou de natureza específica e outras providências; e a Lei 13.103 de 24 de janeiro de 2001 que institui a Política estadual de resíduos sólidos.

Em João Pessoa se consultou a Lei nº 11.176/2007 e o Plano de Gestão de Resíduos de Construção e Demolição da cidade. A Cidade de Petrolina não dispõe de

legislação específica, entretanto se consultou a Lei Orgânica do Município para conhecimento.

Em São Luis se analisou a Lei 4.653 de 21 de agosto de 2006 que cria o sistema de gestão sustentável de RCC e Resíduo Vegetal, Plano integrado de gerenciamento de RCC no município e dá outras providências. O município confrontante de São José do Ribamar não possui legislação específica.

As visitas foram agendadas e autorizadas previamente para o período de 17 a 28 de maio de 2010, com previsão e realização em dois dias consecutivos para cada usina.

Na USIFORT a coleta dos dados foi realizada com o diretor técnico e o tecnólogo em construção civil responsável pela operação da usina. Em João Pessoa responderam as entrevistas o Coordenador do Departamento de Destino Final na Empresa de Limpeza Urbana (EMLUR) e na usina o Gerente de Manutenção.

Em Petrolina, o questionário foi respondido pelo responsável técnico da operação da UBE e pela técnica em edificações designada para acompanhar a visita durante os dois dias. Em São Luis as entrevistas foram concedidas pelo Gerente de Planejamento e Controle da empresa e pelo Encarregado de Operações da URCD de Ilha Grande.

Nas unidades visitadas, o primeiro dia destinou-se a apresentação, e preenchimento do questionário através de entrevista.

O segundo dia da visita iniciava-se com entrevista semi-estruturada a partir da análise feita das respostas coletadas no dia anterior, procedimento que auxiliou na compreensão das particularidades de cada usina. Parte do dia se destinou a anotações, observações das atividades de produção e levantamento fotográfico.

A análise das diretrizes de implantação e projeto foi realizada pela conformidade à NBR nº 15.114/2004 e à legislação. Também se considerou na avaliação as condições favoráveis à produção do agregado reciclado e as boas práticas observadas na revisão da literatura.

Na análise da produção do agregado reciclado, foi considerada a existência da legislação municipal de GRCC e sua interferência nas atividades das usinas, pois a geração local pode indicar tendências a linhas de produtos “reciclados”.

A avaliação teve por base os seguintes conceitos:

a) Não Atende: significando diferente, sem correlação de conformidade ao preceituado em norma e às diretrizes consultadas, e que interfere negativamente na sustentabilidade, se atribuindo o valor menos um (- 1).

b) Atende Parcialmente: quando falta partes, elementos ou constituintes que devem existir e são preceituados em norma ou diretrizes. Entretanto, existe condição favorável à conformidade apesar do parcial desacordo. A essa condição se atribuiu o valor zero (0).

c) Atende: qualidade ou estado do que é conforme, com correspondência, analogia ou identidade a forma, ou modo, harmonizando-se ao preceituado em normas e diretrizes, caso em que se atribuiu valor um (1).

Algumas condições avaliadas (*em grifo*) não estão referenciadas em norma, entretanto foram avaliadas considerando a preservação da qualidade do agregado reciclado para aplicação em concretos e pavimentação, bem como a não interrupção da atividade produtiva.

A análise entre a operação das usinas e as influências na qualidade do agregado reciclado indicou critérios de “alteração” nas propriedades do agregado reciclado. Assim, foi realizado um prognóstico para inserção do agregado reciclado no mercado de consumo de Salvador a partir das qualidades do produto das usinas, bem como identificadas as relações entre as interferências e a qualidade do agregado produzido. O aspecto considerado relevante para tanto foi a maximização das propriedades do agregado reciclado.

c) GRCC em Salvador e consumo de agregado natural

Nas visitas à LIMPURB se obtiveram dados referentes à geração de RCC coletado pelo município, dados sobre a disposição irregular na malha urbana, bem como a relação das empresas de transporte cadastradas.

A princípio, os dados de consumo dos materiais e geração de RCC relativos ao setor privado seriam obtidos através de questionários eletrônicos enviado aos transportadores de RCC e às empresas filiadas às entidades de classe da construção civil. Os questionários enviados solicitavam informações sobre o perfil do cliente, tipos de veículos utilizados, volume médio de RCC transportado, disposição final, qualidade e consumo do agregado natural utilizado.

Essa estratégia se mostrou inadequada em virtude da ausência de resposta, apesar da realização de contato prévio para sensibilização dos responsáveis e proprietários das empresas para a finalidade da pesquisa.

A ausência de resposta aos questionários provocou ajuste na metodologia e conduziu a busca dos dados para os órgãos públicos. Assim sendo, os dados de geração de RCC do setor privado foram obtidos a partir do Atestado de Viabilidade de Coleta de Resíduos, documento obrigatório entregue à LIMPURB, sempre que há solicitação de licença pública para construção, reforma, demolição e alterações nos imóveis. Dessa forma, foi possível construir o cenário da geração do RCC. Outras documentações disponibilizadas foram o projeto executivo, a especificação de equipamentos e o memorial descritivo da usina planejada para o Parque Sócio Ambiental de Canabrava datado de 1999.

Os dados referentes ao consumo dos agregados naturais na cidade do Salvador foram disponibilizados pelos setores fiscais da Secretaria da Fazenda do Estado da Bahia (SEFAZ). A coleta se deu com base na unidade de cálculo do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços dos materiais de construção comercializados no município. Ressalte-se que os dados disponibilizados não comprometerem o sigilo fiscal dos contribuintes por representarem o total comercializado em Salvador.

No Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), foi possível o acesso ao potencial das jazidas de agregado natural que abastecem a região metropolitana, bem como a caracterização do consumo e a avaliação da qualidade tecnológica do agregado das jazidas.

Os dados obtidos foram utilizados para correlacionar a GRCC do município e a existência de potencial para consumo de agregado reciclado, estabelecendo as diretrizes da produção do agregado reciclado em Salvador.

O Quadro 08 mostra a síntese das atividades desenvolvidas durante a pesquisa.

Objetivo Geral	Propor diretrizes para produção de agregado reciclado em usinas de reciclagem de RCC		
Objetivo Específico	Como?	Que instrumentos vou utilizar?	Que informações vou obter? Resultados esperados
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Investigar os condicionantes para produção de agregado reciclado em usina de reciclagem. 	<p>Coleta de dados 01:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Estado da arte internacional e nacional sobre aproveitamento de RCC; Caracterização do RCC gerado, produção de agregado reciclado. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Artigos, livros, teses, dissertações, fichamentos, redação do texto. ✓ Observação visual da GRCC da Cidade do Salvador. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Análise das experiências internacionais e nacionais sobre aproveitamento do RCC. ✓ Diagnóstico das Categorias a observar na avaliação da produção do agregado reciclado: capacidade de produção, fornecimento de matéria prima, triagem, beneficiamento, estoque, armazenagem, qualificação da mão de obra. ✓ Dados referenciais para os instrumentos de avaliação das usinas a visitar na região Nordeste.
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Avaliar as usinas de reciclagem de RCC da região Nordeste em relação às diretrizes nacionais existentes. 	<p>Coleta de dados 02:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Coleta de dados das categorias a avaliar. Observação visual das atividades de produção das usinas durante 1 dia de produção. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Visitas técnicas, entrevistas. ✓ Questionário de referência para avaliação. ✓ Observação visual – Roteiro de observação da produção, relatório das atividades realizadas. ✓ Levantamento Fotográfico. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Quantitativos da implantação e produção: volume de RCC recebido, volume processado, resíduos gerados, triagem, transporte, tipo de redução, tipo de produto, controle de qualidade, estoque, acondicionamento, entrega do produto. (indicadores produtivos). Implantação da usina: tipos de projetos e licenças, tempo de implantação, tempo de vida útil estimado. Relatório fotográfico.
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Propor diretrizes para a produção do agregado reciclado em usinas de reciclagem. 	<p>Coleta de dados 03:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Localização dos pontos de disposição do RCC, Geração de RCC na Cidade de Salvador; ✓ Demandas dos materiais de construção que podem ser substituídos por agregados reciclados. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Visitas técnicas, entrevistas. ✓ Coleta de dados (Formulário) – informações quantitativas sobre: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Setor da Construção – geração de RCC – volume gerado, composição, práticas de aproveitamento, veículo utilizado. SINDUSCON-BA, SENAI, LIMPURB, SEFAZ, DNPM. ✓ Coleta privada – volume coletado, frequência, disposição final, veículo utilizado. Empresas de coletoras de RCC. ✓ Compra e Revenda de agregado natural e artefatos de concreto, não estruturais: ARMC-BA, “Pedreiras”, SINDUSCON-BA. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Consumo de agregados naturais comercializados na cidade de Salvador: volume, tipo de agregado, controle de qualidade, transporte, distância da jazida ao fornecedor. ✓ Consumo de artefatos, não estruturais, fabricados com agregado natural comercializados em revendas de materiais de construção. Consumo de artefatos pelos filiados – SINDUSCON-BA.

Quadro 08. Síntese das atividades metodológicas realizadas

4. PESQUISA DE CAMPO

Este capítulo está dividido em duas seções. Na primeira, é apresentado o resultado das entrevistas e observações feitas nas usinas de reciclagem visitadas. A segunda seção é relativa ao panorama da GRCC na cidade de Salvador e às diretrizes do projeto executivo da usina de reciclagem de RCC prevista para a Base de Descarga de Entulho (BDE) Porto Seco – Pirajá. Por fim, se expõem as demandas de agregado natural na cidade.

4.1 USINAS DE RECICLAGEM DE RCC DA REGIÃO NORDESTE

Nesta seção, as usinas de reciclagem de RCC da região Nordeste do Brasil são descritas e avaliadas tendo por base as diretrizes para produção do agregado reciclado. A subdivisão em alíneas ordena melhor a descrição da sequência produtiva. Assim, estão divididas em processo produtivo das usinas; condições de implantação das usinas; condições operacionais das usinas; matéria prima, produtos e resíduos gerados e avaliação das usinas de reciclagem.

4.1.1 Processo produtivo das usinas

As principais etapas do processo produtivo das usinas estão descritas com base em notas técnicas de fabricante de equipamento (CI-MAQBRIT, 200-) e as visitas realizadas.

Os RCC enviados a usina de reciclagem devem ser inspecionados na recepção e, se aceitos, são armazenados em local plano próximo ao alimentador. Esse procedimento ocorre no pátio de recepção (entrada), devendo haver área suficiente para observação e pré-seleção, bem como circulação de veículos e funcionários.

A área de armazenagem também é o local de espera transitória do RCC, além de área destinada a serviços de apoio, pré-seleção (para eventual reuso) ou triagem. Nela a disposição deve ser dar mediante prévia inspeção que indique a disposição separada pela predominância de resíduos de concreto ou de argamassas, blocos cerâmicos e de concreto. Essa atividade é essencial para a redução da contaminação do agregado reciclado e controle de qualidade operacional.

Os RCC armazenados (classificados conforme citação anterior) são encaminhados a áreas distintas para triagem da madeiras, plásticos, metais, matéria orgânica

e outras “impurezas” que devem ser separadas manualmente e estocados provisoriamente na área de rejeitos.

Os resíduos classificados e isentos das impurezas são transferidos por pá carregadeira para a mesa do alimentador vibratório que proporciona a pré-limpeza de “finos” pela grelha no fundo da mesa. Os materiais mais grossos seguem para o britador.

Os finos separados na pré-limpeza são direcionados por um transportador de correia para armazenagem em pilha. Esse material é conhecido como bica corrida, podendo apresentar grandes quantidades de solos.

O material que segue para o núcleo de britagem é reduzido e despejado em um transportador de correia fixo que movimenta e eleva o agregado reciclado em relação ao solo. Durante a saída do britador, é feita a separação magnética antes da segunda etapa de elevação, que se dá pela queda do agregado no transportador móvel, que tem três funções: a) empilhar o material em leira semi-circular; b) aumentar a estocagem vertical das pilhas; c) alimentar as peneiras vibratória quando necessária a separação por granulometria. Nesse caso, os agregados reciclados devem ser dos RCC de concreto por terem condição de melhor aproveitamento. As peneiras mais comuns são as de diâmetro inferior a 4,8 mm; diâmetro de $4,8 \text{ mm} < \emptyset < 9,5 \text{ mm}$; diâmetro de $9,5 \text{ mm} < \emptyset < 25,4 \text{ mm}$; e superior a 25,4 mm;

Algumas usinas podem ter uma peneira logo após o transportador fixo. Nesse caso, o agregado retido volta ao núcleo de redução para ré-britagem. Essa opção é utilizada sempre que se produz só um tipo de agregado reciclado.

A separação desses materiais pode ser por paredes de alvenaria armada (baias) ou em pilhas (leiras) separadas pelos transportadores de correia de saída. A Figura 12 ilustra o fluxo do beneficiamento.

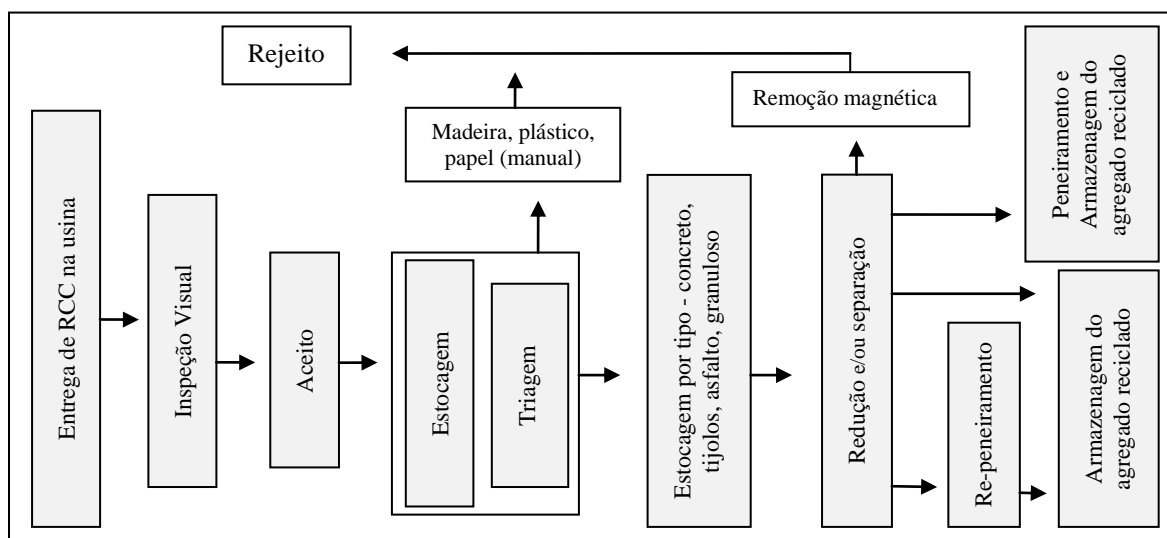


Figura 12. Fluxograma de usina de reciclagem brasileira

4.1.2. Condições de Implantação das Usinas

Como diretrizes para implantação foram observados os impactos ambientais provocados pelas emissões de pó, ruído, o licenciamento dos empreendimentos, a aceitação popular da implantação, vias de acesso, a vegetação presente e a hidrologia local.

a) Localização das Usinas

As usinas pesquisadas tiveram licença prévia na fase de projeto e licença para instalação. Na usina D, ocorreram dificuldades para a liberação da licença ambiental, tendo sido relatada interferência política para o fato, justificativa que provocou a realocação da usina para área vizinha a uma empresa geradora de resíduo pulverulento e, na época, devidamente licenciada pelo órgão ambiental.

As emissões de pó devem ser minimizadas pela aspersão de água no RCC durante a recepção dos veículos na área interna a usina, procedimento que deve anteceder a pesagem. A molhagem ocorre nas vias internas de acesso de carga, na fase de operação e carregamento do produto beneficiado. Apenas a usina “B” atende satisfatoriamente essa condição. Na Figura 13, as setas indicam os aspersores para RCC na chegada a usina.



Figura 13. Dispositivo de molhagem da usina “B” instalado na área de acesso da balança.

A cerca verde é outro recurso que auxilia na retenção do pó dissipado. Nas usinas “A”, “B” e “C”, foi realizado o plantio de eucalipto, sendo possível perceber que as árvores não detêm o material pulverulento como desejado. Quanto à eficiência da espécie na região Nordeste, alguns justificaram que a utilização se deu por semelhança às usinas da região Sudeste, por ter sido sugestão da empresa que comercializou os equipamentos e pela planta apresentar rápido crescimento. Nas Figuras 14 e 15, se pode observar que as plantas são altas, mas com baixa densidade de folhagem, reduzindo a eficiência na contenção das

partículas. O eucalipto é uma espécie com mais de 100 variedades e seu plantio deve observar condições favoráveis de clima tropical e subtropical e solo para produção de madeira (PALUDZYSZYN FILHO, 2003).



Figura 14. Vegetação em área de disposição de RCC



Figura 15. Área para armazenagem de agregado reciclado.

Na usina “D”, a preservação da vegetação e suas copas altas retêm a poeira nas áreas de movimentação e produção. As ilhas verdes nativas favorecem o clima da usina e foi observado que a produção de frutos é bem consumida pelos operários.

A substituição gradativa dos eucaliptos por vegetação nativa está sendo realizada na usina “A” e “B”, pela necessidade de uma folhagem mais densa conseguida com as espécies sabiá, fícus, cajueiro e mangueira, conforme as Figuras 16 e 17.



Figura 16. Cerca verde: Sabiá – Usina A.



Figura 17. Cerca verde: Eucalipto - Usina A.

A vegetação densa ajuda na retenção do ruído gerado pelas atividades de descarregamento do RCC, pelo trânsito de veículos pesados, pelo carregamento da matéria prima, além da operação de britamento.

O pó e o ruído gerados incomodam a vizinhança, reduzindo a aceitação popular da reciclagem de RCC em locais densamente habitados. Apenas a usina “D” não teve esse problema, pois, na época, foi implantada a grande distância de habitações e ainda hoje não possui notificação de descontentamento, apesar do crescimento urbano e da presença delas como confrontantes à unidade. Nessa área, existe preservação de mata natural, bem como

favorecimento dos ventos predominantes que atuam direcionando e minimizando o ruído e o pó advindos da operação. Essa unidade detém o maior número de horas de funcionamento, chegando a turnos de 10 horas diárias.

As usinas “B” e “C” possuem estratégia de convivência com a comunidade, viabilizada por serviços de limpeza e terraplenagem nas proximidades das unidades, pavimentação com agregado reciclado, rigor ao horário de recebimento do RCC e limite de horário para funcionamento do britador.

Na usina “A”, foi necessária a força policial para dar início às obras na área destinada à remediação secundária, local que abriga o beneficiamento de RCC. Dentre as usinas, essa unidade detém o maior número de vigias noturno. Apesar disso, é rotineira a recomposição da cerca que limita a área. Esse comportamento pode ser atribuído ao antigo uso da área para disposição de Resíduo Sólido Urbano (RSU) com presença de catadores.

A utilização de terrenos degradados para implantação de usinas como forma de remedição deve estar associada às políticas sociais e educacionais para que essa intervenção seja acolhida pela população como uma benfeitoria a ser mantida e que traz melhoria social.

O terreno de três usinas mantém contato com a hidrologia local¹⁹. Na usina “A”, a existência de água deve-se à extração desordenada de areia. A área está em fase de remediação e conta com sistema de drenagem que bombeia o líquido para duas lagoas de tratamento. Depois de estabilizado e aerado, ele é destinado ao canal de drenagem que deságua em rio da região.

A usina “B” é a única livre de corpos d’água à distância inferior a 200 metros. Na unidade “C”, o córrego apresenta-se assoreado e com contaminação por esgotamento sanitário. Na usina “D”, o rio é perene, entretanto, mantêm-se abrigado por faixa lateral de mata ciliar em toda a largura do terreno. Todos os corpos d’água são transversais aos limites do terreno.

O corpo d’água presente na usina “C” traspõe a via de acesso principal da unidade. No último período das chuvas, a drenagem existente foi levada pela enxurrada. A recuperação do acesso foi realizada pelos funcionários da usina com RCC (blocos de concreto de demolição) e agregado reciclado. No período da visita, a pavimentação apresentava-se nivelada e regularizada com agregado reciclado.

Em apenas uma das usinas o acesso é em pavimentado asfáltico. Em todas as outras as vias estão em condições inadequadas ao tráfego de veículos de carga.

¹⁹ Áreas sujeitas a inundações; nível freático sem flutuações excessivas e situado o mais distante possível da superfície do terreno (mínimo de 3,0 m para solos argilosos e distâncias maiores para solos arenosos); distância mínima de 200m de qualquer corpo d’água. (BOSCOV, 2008)

A usina “B” está localizada de modo peculiar entre dois municípios. O logradouro possui pequeno trecho com pavimentação asfáltica, em condições precárias de utilização e o restante em estrada de chão. A extensão total é de 7,2 km; destes, 2,7 km pertencentes a um município e 4,5 km ao outro (GOOGLE MAPS, 2010). Esse fato é utilizado pelos responsáveis dos dois municípios para a não realização de melhorias na pavimentação pública.

A aceitação das atividades de reciclagem dos RCC depende da criteriosa análise do poder público quando do licenciamento do empreendimento, antevendo as necessidades dos fluxos e demandas adequadas à atividade. A repulsa popular tem relação direta como a maneira como o poder público trata as regiões periféricas municipais, sendo importante destacar que a atual relação de convivência adotada pelas usinas deve-se não somente às alterações nos meios de produção e mecanismos de contenção das emissões, mas aos serviços prestados à comunidade através da utilização dos recursos materiais eventualmente disponibilizados.

Os inconvenientes gerados pelas emissões de pó e ruído das usinas são minimizados se houver a manutenção ou criação de áreas de vegetação nativa, tão eficientes quanto mais densas e maiores elas sejam em relação à área de produção do agregado reciclado. Outro aspecto a considerar é a contaminação do sub-solo através do contato deste com a hidrologia local, não sendo recomendado que a produção se dê em áreas com corpos hídricos livres sem condições de respeito à legislação.

O acesso às usinas é prejudicado pelas vias inadequadas do seu entorno, que dificultam o fluxo dos veículos com carga, reduzindo o acesso do RCC e a comercialização do agregado reciclado. Dificuldades de acesso não devem justificar a disposição irregular do RCC nos centros urbanos, entretanto, os municípios devem garantir, em contrapartida, boas condições de tráfego em todos os acessos as usinas, fato que pode aumentar a aceitação popular.

b) Interferências do Terreno na Produção

A análise a seguir considerou os fatores determinantes para a aquisição do terreno, as condições de adequação e limitações oferecidas pela área para a atividade.

Nas usinas privadas, foi observado que o custo do terreno, a disponibilidade para a compra e a proximidade dos centros urbanos ou das áreas de expansão determinaram a aquisição do terreno para o empreendimento.

Os terrenos em distritos industriais são desfavoráveis quanto ao aspecto econômico, entretanto existe o reconhecimento de que esses pólos têm uma infraestrutura adequada para implantação das usinas.

A iniciativa privada tem como foco a distância média igual ou inferior a 15 km dos centros urbanizados ou em plena expansão. A relação localização x custo de transporte do RCC foi apontada como um fator de sucesso para o empreendimento, servindo de atrativo para a obtenção do RCC e facilitador na comercialização do agregado reciclado.

Para a iniciativa pública, a escolha do terreno foi determinada pela intenção da utilização de terras públicas. O objetivo principal foi evitar gastos com aquisição, bem como fazer o município ter a posse de terras sem utilização. Entretanto, os representantes públicos citam o uso de áreas degradadas que é imposta pela legislação como suporte único para a escolha feita.

A Lei nº 062/2009, que institui plano diretor participativo do município de Fortaleza, em seu art. 4º prevê a elaboração de programas de recuperação das áreas degradadas e a recomposição da vegetação através de manejo florestal utilizando espécies nativas e frutíferas (FORTALEZA, 2009).

Em Petrolina, a Lei Orgânica de 20/12/2001 no art. 8º inciso VI prevê a proteção ao meio ambiente e o combate à poluição. No que se refere à política urbana, os arts. 169 e 176 prevêem a proteção urbana e a necessidade de se estabelecer critérios para recuperação de áreas degradadas (PETROLINA, 2001).

Em São Luis e João Pessoa, as Leis nº 4.653/2006 e 11.176/2007, respectivamente, que instituem o Sistema de Gestão Sustentável de RCC e o Plano Integrado de Gerenciamento de RCC nos municípios citados, tratam de modo semelhante a escolha dos terrenos para as atividades de reciclagem do RCC, transcrita a seguir:

Art. 6º – Para implementação do Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, ficam criadas as Unidades de Recebimentos de Pequenos Volumes – URPVs, sendo definidas:

I – sua constituição em rede;

II – sua qualificação como serviço público de coleta;

III – sua implantação em locais degradados por ações de deposição irregular de resíduos, sempre que possível.

§ 1º - Para a instalação das Unidades de Recebimentos de Pequenos Volumes – URPVs devem ser destinadas, pelo Poder Público, áreas livres reservadas ao uso público, preferencialmente as já degradadas devido à deposição irregular e sistemática de resíduos sólidos, com o objetivo de sua recuperação nos aspectos paisagísticos e ambientais.

§ 2º - É vedada a utilização de áreas verdes que não tenham sofrido a degradação referida no § 1º para a instalação de Pontos de Entrega para Pequenos Volumes.

A legislação estabelece a escolha de terras para as URPVs, sendo omissa quanto às usinas de reciclagem de RCC. Estas últimas possuem finalidade diferente das realizadas em ATT. Apesar disso, as unidades públicas em funcionamento obtiveram suas licenças para projeto, instalação e operação.

Áreas degradadas devem ser recuperadas e avaliadas quanto às condições de pós-uso. Os terrenos da usinas públicas visitadas possuem mesmo histórico de extração mineral. Do esgotamento das jazidas, houve afloramento do lençol freático e posterior abandono. Isso motivou a comunidade a dispor lixo ali e posteriormente o local se tornou abrigo de marginais.

Favorável aos terrenos existe a posição em relação aos ventos predominantes. As usinas “A” e “C” têm proximidade de corpos d’água inferior a 200 metros e pouca vegetação. O plantio de arbustos atende ao requisito de recuperação paisagística e ambiental determinado pela legislação que institui o sistema de gestão sustentável de RCC.

Entretanto, na usina “A”, existe grande dificuldade de formação paisagística devido ao baixo crescimento da vegetação, fenômeno atribuído aos elevados índices de contaminação do subsolo. Nessa usina, várias espécies foram testadas, sendo a melhor experiência a obtida com a variedade “Sabiá”. Na Figura 18, percebe-se o crescimento insuficiente dos eucaliptos. Na Figura 19, inexistente espaço útil para plantio e crescimento de arbustos.



Figura 18. Baixa densidade da vegetação - usina “A”



Figura 19. Baixa densidade da vegetação - usina “C”

O local da implantação da usina, independente do agente financiador, deve obedecer a critérios ambientais e técnicos que impeçam a contaminação do solo e das águas do entorno. Para Braga *et al.* (2005), elevadas são as possibilidades de reações entre os componentes do RCC e o meio ambiente. A água é um solvente para muitas substâncias orgânicas e inorgânicas, em qualquer dos estados da matéria. A contaminação se dá pela alteração do pH do solo, da dureza²⁰ da água e da presença de metais pesados dispersos.

O uso restrito de terrenos degradados, pelo poder público, possibilita novas agressões ao ambiente, reduz as condições de recuperação ou remediação do local, ao tempo que amplia a presença do Estado em locais públicos abandonados. Essa presença não deve ser utilizada como imagem de êxito das usinas, pois a finalidade da reciclagem do RCC deve ser a produção de ARM e ARC com requisitos técnicos adequados ao emprego na construção civil.

c) Condições de isolamento e sinalização

Todas as usinas mantêm isolamento dos terrenos contra a invasão de terceiros. Foram constatados dois tipos de vedação: a estaca em concreto com arame farpado ou alvenaria em bloco cerâmico. Duas delas contam com cerca elétrica em todo o perímetro.

As guaritas de acesso têm portões diferenciados para pessoal e veículos de carga. Durante as visitas, percebeu-se que o acesso é único e feito pelo portão de veículos. O acesso de pessoas restringe-se praticamente aos funcionários.

Os trabalhadores envolvidos com as atividades de beneficiamento trajavam uniformes em cor forte, destacando-se nas áreas de operação. Apenas na usina “D” percebeu-se funcionários sem utilização adequada de todos os equipamentos de segurança.

As usinas não possuem sinalização interna nas vias de acesso ao longo dos percursos utilizados pelos veículos de carga. Não foi possível identificar acessos isolados ou demarcados ao trânsito dos funcionários.

Em todas as usinas, os funcionários receberam treinamento de primeiros socorros e combate a incêndios. Na usina “A”, também existe um programa contínuo de cuidados pessoais que incluem palestras regulares sobre higiene pessoal e obesidade. A Tabela 07 mostra o quadro funcional das usinas.

²⁰ A dureza da água é predominantemente causada pela presença de sais de Cálcio e Magnésio. Eventualmente também contribuem o Zinco, Estrôncio, Ferro ou Alumínio, podendo ser levados em conta na aferição da dureza.

Tabela 07. Número de Trabalhadores nas Usinas

Usina	Atividade na Usina				Sub Total	Apoio Operacional				Total
	Triagem manual	Triagem mecânica	Operação	Fiscal		Vigias	Escrit	Serv. Gerais	Resp	
A	02	-	02	-	04	04	02	-	Eng.	04
B	03	03	03	01	10	03	01	01	Eng.	15
C	10	02	04	01	17	02	01	02	Eng.	23
D	06	02	02	01	11	01	02	06	Arq.	20

A usina “D” tem o maior número de trabalhadores que pertencem ao poder público, sendo que quase metade deles realizam triagem do RCC, o que pode indicar uma deficiência na GRCC municipal.

4.1.3. Condições operacionais das usinas

A análise teve por base a organização dos procedimentos adotados em cada usina visitada, com a seguinte ordem: recebimento da matéria prima, pré-beneficiamento e triagem, operação de britagem, máquinas e equipamentos e pessoal.

a) Recebimento e área de armazenagem do RCC

Na prática, as usinas “A”, “C” e “D” recebem RCC independente do tipo de obra e presença de contaminantes. Todo material recebido deve estar acompanhado do CTR²¹. Em casos de inexistência, elas são emitidas nos escritórios das usinas com dados informados pelo transportador. Esse procedimento é adotado como tentativa de minimização das disposições irregulares e favorecimento que direcione o RCC às usinas. A Figura 20 mostra a recepção e pesagem para controle de entrada. Na Figura 21, é feita a entrega da CTR.



Figura 20. Controle na entrada do RCC na usina “A”. Figura 21. Controle na entrada do RCC na usina “D”.

²¹ CTR – Controle de Transporte de Resíduos. Documento emitido pelo transportador de resíduos que fornece informações sobre gerador, origem, quantidade e descrição dos resíduos e seu destino, conforme diretrizes contidas no anexo A da NBR 15.114/2004 (define o conteúdo mínimo da CTR). Fonte: ABNT (2004a).

A ausência de CTR indica a informalidade dos procedimentos das obras civis sem a adequada presença de profissionais, assim como a ausência de licenciamento ou fiscalização do poder público. Essa realidade interfere negativamente na qualidade do agregado reciclado produzido, pois altera o fluxo operacional das usinas, eleva as condições de risco ambiental, assim como reduz as condições de aceitabilidade do produto reciclado.

A presença da CTR não significa necessariamente um RCC em melhores condições de segregação. Foi observado que o cotidiano das usinas é contraditório e carente de controle externo quanto à precisão na declaração feita pela fonte geradora.

Nem todas as CTR encaminhadas têm identificação correta dos RCC transportados. Nas Figuras 22, 23, 24 e 25, a descrição indica um resíduo da classe A para RCC classe C (gesso em placas) armazenado na caixa. Outra interferência na produção das usinas está no fato dos transportadores não reconhecerem a infração quanto à irregularidade da armazenagem nas caçambas, bem como não se apresentam como co-responsáveis quanto ao RCC transportado, menos ainda quanto à correta discriminação e correlação do CTR e RCC.

Documento de Controle de Transporte de Resíduo (CTR) com campos preenchidos e alguns campos em branco com tracejado. O documento contém informações sobre o cliente, o veículo, o motorista e o ajudante, além de dados de identificação e controle.

Figura 22. Controle de Transporte de Resíduo (CTR).



Figura 23. Veículo com RCC e CTR da classe A.

Detalhe do documento de Controle de Transporte de Resíduo (CTR) preenchido. O documento contém informações sobre o cliente, o veículo, o motorista e o ajudante, além de dados de identificação e controle.

Figura 24. Detalhe do CTR preenchido



Figura 25. Placa do Veículo.

O procedimento para receber esse tipo de RCC sofre diferenciação quanto à disposição, que é realizada sempre em área separada como alternativa de evitar grande variabilidade na produção do agregado reciclado. Assim, a armazenagem do RCC nas usinas é feita por transportador e não por tipo de RCC transportado ou de obra de origem. Essa armazenagem foi constatada nas usinas “C” e “D”.

Outro recurso ao esgotamento das áreas de armazenagem observado é a frequente prorrogação do turno de trabalho em 02 horas, bem como a realização da triagem manual pela manhã e o britamento somente à tarde, medidas que otimizam a produção.

Outra forma de reconhecimento expedito do RCC encaminhado se dá através da identificação do gerador e do veículo de transporte. Nesses casos, os RCC menos contaminados são enviados por empresas construtoras em caçambas *truck* com capacidade de 12 m³.

Os volumes de RCC recebidos superam a capacidade de armazenagem, como pode ser observado nas Figuras 26 e 27 realizadas nas usinas “C” e “D”. As setas indicam a regularização das pilhas de RCC para formação de nova camada de armazenagem. Na Figura 26, observam-se 4 pontos de regularização. Já na Figura 27, o acúmulo de 3.



Figura 26. Armazenagem de RCC – Usina “D”.



Figura 27. Armazenagem de RCC – Usina “C”.

A acentuada diferença na produção por m² se opõe à realidade das condições de armazenagem do RCC, da redução das áreas de triagem e estocagem dos produtos reciclados, indicando a necessidade da reavaliação das diretrizes para implantação das usinas de reciclagem de RCC.

As usinas “C” e “D” apresentam esgotamento das áreas de armazenagem do RCC, o que é justificado em parte pelos volumes encaminhados. As usinas “A” e “B” possuem área satisfatória, entretanto não mantêm produção diária pela ausência de RCC.

As usinas com produção diária estão desfavorecidas pelos grandes volumes de RCC em relação à capacidade das áreas de armazenagem. Essa constatação permite sugerir que as usinas com produção infrequente também se tornarão exíguas em caso de regularidade de fornecimento de RCC.

Na tabela 08, estão expressos os valores em reais pagos para disposição nas usinas. Os valores estipulados oscilam em função das condições de contaminação por RCC das classes B, C e D, bem como do rigor no recebimento do RCC em volume ou peso.

Tabela 08. Valores Cobrados para Disposição do RCC – classe A

Valores em Reais para Disposição nas Usinas					
Unidade	Veículos				
	Caçambas		Poliguindastes		
	Toco (6,5 t)	Truck (12 t)	Simples (3 t)	Duplo (6 t)	Triplo (9 t)
Usina A					
Usina B	10,00	15,00	10,00	15,00	20,00
Usina C					
Usina D ¹	16,86	31,14	7,78	15,57	23,35
			15,57 ²	31,14	46,71

¹ Preço estipulado de R\$ 3,00 por m³. Massa específica utilizada para conversão de 1.156kg/m³ (SALVADOR, 2009).

² Preços estipulados em R\$ 6,00 por m³ para RCC com presença de contaminantes em percentuais elevados.

A taxa cobrada para os RCC contaminados transportados não tem se apresentado como variável suficiente para a redução dos volumes de contaminantes encaminhados, indicando que os usuários pagam continuamente para violar condutas legais, ultrapassando a consciência de bem-estar social necessária as ações de melhoria do meio ambiente.

O Quadro 09 abaixo resume as atividades de recebimento, controle de volume e declaração do grau de contaminação dos RCC enviados as usinas.

Recepção do RCC					
Usina	Recebimento			RCC	Declaração da Contaminação
	CTR ²²	Vistoria no veículo	Origem Identificada	Controle	Responsável pela Classificação
Usina "A"	não	não	não	Peso	Funcionário da usina
Usina "B"	não	Sim	não	Volume	Funcionário da usina
Usina "C"	sim	Sim	não	Volume	Funcionário da usina; Gerador
Usina "D"	sim	Sim	sim	Volume	Funcionário da usina; Gerador

Quadro 09. Tipo de controle do RCC nas usinas

Todo o RCC recebido é submetido à vistoria visual antes da disposição. O controle no recebimento do RCC nessas usinas apresentou relação com a intensidade da produção, demonstrando a sistematização na atividade produtiva. A usina "D" impõe maior rigor na recepção do RCC, porém o aspecto frágil está por ser realizado em volume,

²² Controle de Transporte de Resíduos. Anexo A da NBR 15.114/2004/ABNT.

reduzindo a precisão quanto aos valores dispostos diariamente. Na usina “C”, o controle também se dá por volume.

Na usina “A”, o RCC é pesado e o transporte é feito pela própria empresa em 04 caixas estacionárias e caminhão polinguidaste. Os geradores são orientados sobre o que pode ser armazenado quando da disponibilidade do recipiente.

Na usina “B”, o RCC é encaminhado por empresa parceira responsável pela limpeza pública do município. A infraestrutura para pesagem está concluída, faltando a implantação dos sistemas informatizados de controle.

A pesagem dos RCC controla a entrada do RCC nas usinas, medida indispensável para indicar a relação entre o RCC recebido e o agregado reciclado produzido. Sua ausência é agravada pela aceitação de RCC de outras classes que ocupam áreas de armazenagem. Alguns fatores auxiliam no esgotamento dessas áreas, dentre eles:

- a) a geração excessiva de RCC advindo da não previsibilidade da minimização em canteiros de obras;
- b) o sub-dimensionamento das áreas de armazenagem em relação a capacidade de beneficiamento diário da usina;
- c) a necessidade de usinas móveis de beneficiamento em canteiros de demolição, para atender a demanda específica de um canteiro de obra;
- d) o encaminhamento às usinas de RCC pouco segregado, que resulta em disponibilidade de áreas para armazenagem de RCC das classes B, C e D.

As Figuras 28 e 29 mostram a ocupação de áreas para armazenagem de resíduos, desfavorecendo as atividades das usinas pelo volume e freqüência com que se apresentam no RCC encaminhado.



Figura 28. Área destinada a armazenagem de resíduos - usina “C”.



Figura 29. Área destinada a armazenagem de resíduos - usina “C”.

b) Pré-beneficiamento e Triagem

O pré-beneficiamento do RCC compreende uma atividade anterior à triagem manual para eliminar partículas finas com dimensões inferiores a 5 cm, utilizando o peneiramento. Essa etapa é vista como desnecessária nas usinas “A”, “B” e “D”, em virtude da destinação do agregado reciclado para pavimentação. Essa justificativa indica um menor controle produtivo, voluntariamente escolhido dentre os processos de produção das usinas, ao mesmo tempo em que pode torná-las em empreendimentos destinados à redução dos volumes de RCC, sem quaisquer adequações produtivas voltadas ao melhor aproveitamento dos recursos minerais.

Apenas na usina “C” foi destacada a melhoria das condições de produção se houvesse o pré-beneficiamento, retendo partículas finas. A aquisição da peneira e as obras civis necessárias ao funcionamento foram orçadas em R\$ 10.000,00 reais, porém o projeto ainda não foi realizado por falta de recursos financeiros. A expectativa é que 80 % dos finos fiquem retidos, ampliando a vida útil dos martelos através da redução do desgaste provocado pela areia presente no RCC. Outro aspecto favorável está no menor número de intervenções para manutenção, melhorando a produtividade.

Todas as unidades possuem a triagem manual, atividade onde se reduz os blocos a diâmetros médios de 30 cm, retirando-se o aço, papel, madeira e plástico presente. O gesso e os resíduos betuminosos, apesar da nocividade, não são retirados durante essa etapa da operação. Nas Figuras 30 e 31 a operação de triagem nas usinas “C” e “D”.



Figura 30. Triagem manual na usina “D”.



Figura 31. Triagem manual na usina “C”.

A triagem magnética do RCC se dá em duas etapas. Anterior ao britamento através da coleta manual; e após a moagem do RCC, por meio de equipamento magnético. Dois modelos estão em utilização nas usinas pesquisadas.

O modelo da Figura 32 é mais seguro aos trabalhadores, pois atrai o metal para a correia magnética e por movimento horizontal, lança-o para fora da esteira de transporte. Esse equipamento é utilizado pela usina “B”. Na Figura 33, vê-se o segundo modelo, que atrai as partículas em uma placa metálica, cabendo ao operário a ação da retirada manual enquanto durar o britamento. Apesar da redução das condições de segurança, o desempenho dos modelos foi considerado satisfatório, atendendo às necessidades das usinas “A”, “C” e “D”.



Figura 32. Modelo de separador magnético utilizado.



Figura 33. Modelo de separador magnético utilizado.

A área de triagem das usinas está prejudicada pelo avanço das áreas para armazenagem do RCC. Máquinas e veículos disputam espaço com os operários. Nas Figuras 34 e 35, é possível perceber os volumes de RCC armazenados, a triagem manual e a pré-redução do RCC.



Figura 34. Coleta, espalhamento de RCC e triagem manual de resíduos – Usina “C”.



Figura 35. Coleta, espalhamento de RCC e triagem manual de resíduos – Usina “D”.

A produção das usinas perde eficiência em virtude do tempo necessário para a triagem manual, marcada pelo funcionamento abaixo da capacidade de produção. As Figuras 36 e 37 ilustram as oscilações da alimentação do britador, resultando na variação da quantidade de agregado reciclado nos transportadores de correia.



Figura 36. Descontinuidade na alimentação da bandeja de vibração do britador.



Figura 37. Descontinuidade na alimentação da bandeja de vibração do britador.

A ociosidade dos equipamentos acontece em relação aos volumes necessários para a bandeja do britador, com RCC triado e pré-reduzido a dimensões médias de 30 cm. Essa atividade é realizada para atender a velocidade de moagem entre 333 Kg/min. a 1000 Kg/min. nas usinas visitadas. Esse ritmo interfere na eficiência da retirada de resíduos do RCC observável nas Figuras 38 e 39 dos resíduos segregados após a britagem, em uma segunda triagem manual.



Figura 38. Resíduo segregado após britamento.



Figura 39. Triagem após britamento.

A destinação de uma área para o RCC triado e reduzido pode auxiliar na produção das usinas. A armazenagem do RCC previamente triado garante a alimentação contínua do britador, entretanto, requer a disponibilidade de áreas para esse fim.

A triagem do RCC por tipo de obra conduz a um procedimento lógico para a produção de vários tipos de agregado reciclado. Exemplo disso são os RCC vindos da movimentação de terra, que devem ser encaminhados a aterros de inertes ou para áreas de tratamento onde sejam preparados para utilização em paisagismo ou como material de cobertura, contribuindo na melhoria da produção das usinas de reciclagem de RCC. Também conduz a uma GRCC mais adequada à produção de agregado reciclado.

A destinação desse agregado para a pavimentação não deve justificar a redução de investimentos que permitam a melhoria do produto final das usinas. A melhoria das condições de variabilidade do agregado reciclado na aplicação em pavimentos tem sido conseguida ao custo da maior energia de compactação (LEITE, 2007) e do controle da granulometria (MIRANDA *et al.*, 2009, p. 67).

Para Miranda *et al.* (2009, p. 65), as usinas brasileiras não mantêm rotina de controle de qualidade dos agregados produzidos, sendo esse fator determinante para que as construtoras deixem de consumir o agregado reciclado mesmo que eles atendam aos limites definidos pela NBR 15.116/2004 e não exista risco de desempenho.

A produção sem adequado controle de qualidade do agregado reciclado aumenta a desconfiança sobre os produtos reciclados e reduz as condições de aceitação e empregabilidade, favorecendo o consumo de materiais naturais. Parece adequado avaliar que a manutenção dessa prática é incompatível com princípios ambientais, ao mesmo tempo em que tornam as usinas empreendimentos de eficiência questionável.

Para eficácia da reciclagem do RCC, é essencial que o material recuperado seja economicamente competitivo como matéria prima equivalente. É necessário o respeito à legislação, assegurando que o sistema de reciclagem (transporte, manuseio, tratamento e utilização) do RCC seja operado de modo fechado, respeitando o meio ambiente e destinando-se à viabilidade comercial (NCDWC, 2006).

c) Tipo de equipamento para beneficiamento

As usinas “A”, “B” e “C” possuem o mesmo tipo de britador, de planta fixa, com redução através de martelo, transportador de correia fixa, transportador de correia móvel e peneiras para separação do agregado reciclado de mesma faixa granulométrica.

A exceção é a usina “D”, onde o britador de mandíbula foi recondicionado à época da aquisição e está em funcionamento desde 1997. Em 2010, foi adquirido um equipamento móvel, de britagem por martelos e capacidade de redução de 90 t/h, para atender à demanda das obras de demolição da região metropolitana. Esse equipamento deve ser utilizado também em municípios no interior do estado, apesar da falta de previsão para o equipamento entrar em funcionamento.

O britador de martelos pode ser utilizado para redução de RCC mais duros, entretanto, essa matéria prima não garante o menor consumo de energia, a exemplo dos materiais de média abrasividade como calcário, carvão e RCC mistos (MAQBRIT, 2010).

Na comercialização do equipamento, uma condição favorável é a redução de blocos maiores que os britadores de mandíbula, gerando produtos de boa cubicidade e significativa quantidade de finos (MAQBRIT, 2010). As Figuras 40 e 41 mostram o interior de um britador de martelos.



Figura 40. Acesso do RCC a britar (1).



Figura 41. Martelo - vista lateral (2).

O tamanho médio dos blocos de RCC suportado pelo britador tem relevância na produção. A atividade de pré-redução é manual em todas as usinas, o que impõe lentidão, perigo e geração de resíduo (metais). O emprego de equipamentos que auxiliem na redução dos blocos requer aumento do consumo de energia, investimento financeiro na aquisição de equipamentos e área disponível para esse pré-beneficiamento. Essa medida auxilia na produção do agregado reciclado de melhores condições tecnológicas.

Com relação ao teor de finos decorrente do britador de martelos, a desvantagem está na cobertura dos grãos grossos pelos finos, reduzindo as condições de aderência na interface agregado x argamassa. Essa produção excessiva de finos pode ser atenuada com a lavagem do agregado, procedimento que utiliza água, devendo ser moderadamente consumida e necessariamente reutilizada, avaliando-se a possível solubilidade do RCC, a periculosidade e a empregabilidade dos resíduos decantados.

O emprego das técnicas de lavagem e homogeneização reduziram a variação do teor de finos (1,4 – 3,2%) e da absorção de água (4,0 – 6,0%), produzindo argamassas e revestimentos mais homogêneos, satisfatórios quanto a trabalhabilidade, surgimento de fissuras, aderência ou resistência superficial. O custo de implantação de um processo de lavagem e homogeneização não chega a 5% do custo total da usina (MIRANDA *et al.* (2009, p. 67).

Na Tabela 09, estão expressos os requisitos da norma brasileira para os teores de absorção e finos dos agregados reciclados onde se observa a necessidade de maior rigor para a produção e utilização de agregados reciclados em concretos não estruturais. A Tabela 09 apresenta a exigência da norma utilizada na Espanha para os mesmos teores quando o agregado reciclado é destinado a concretos estruturais. Dois indicadores podem ser estabelecidos para a produção em usinas:

- a) a produção de um agregado reciclado com diversidade de emprego;
- b) a produção de agregado com característica tecnológica mais uniforme.

Tabela 09. Requisitos para agregado reciclado

Propriedades		ARC		ARM		Normas de Ensaio	
		Agregado Graúdo	Agregado Miúdo	Agregado Graúdo	Agregado Miúdo	Agregado Graúdo	Agregado Miúdo
Pavimentação	Absorção	-	-	-	-	-	-
	Finos	Entre 10% e 40%				ABNT NBR 7181	
Concreto Não estrutural	Absorção	< 7	< 12	< 12	< 17	NBR NM 53	NBR NM 30
	Finos	< 10	< 15	< 10	< 20	NBR NM 46	
Concreto Estrutural	Absorção	< 5		/		UNE 83 134:98	
	Finos	< 1				UNE 7133:58	

Fonte: Adaptado da ABNT NBR 15.116/2004 e Gutiérrez e Juan (2004)

A separação de finos e a melhoria da uniformidade do agregado reciclado produzido não são vistos como um objetivo nas usinas visitadas. Nenhuma delas dispõe de sistema de lavagem, não observando sua ausência como inadequada. De acordo com as entrevistas nas usinas, o agregado reciclado produzido não necessita desses cuidados. Os produtos destinam-se a cobertura em aterro controlado, pavimentação, aterros e concretos reciclados não estruturais.

Os britadores das usinas, além de interferirem na qualidade do agregado como material de construção, são responsáveis pela produção nominal das usinas, devendo estar adequado ao RCC gerado e o tipo de agregado produzido, principalmente nas plantas fixas.

Na Tabela 10, estão expressas as relações entre a capacidade de produção das usinas visitadas e a geração estimada tendo por base a população dos municípios, para a produção de agregado em intervalos de 8 horas de trabalho/dia.

Tabela 10 – Indicadores das Usinas

Britador da Usina	Indicadores			
	Produção		População ^o (2007)	Geração kg/hab
	t/h	t/dia		
A Martelo	20	160	268.339	0,596
B Martelo	40	320	957.515	0,334
C Martelo	20	160	674.762	0,237
D Mandíbula	50	400	1.965.513*	0,209
Martelo	90	Σ 1.120•	2.431.414	0,469

*População em 1996 – Usina implantada em 1997.

•Valores da produção das usinas quando do uso simultâneo (fixa e móvel).

^o Fonte: IBGE (2007). Contagem da População, em 1º de abril de 2007, dos 5 435 municípios brasileiros.

A ausência de parâmetro com base na população indica que a capacidade dos britadores implantados foi estimada a partir de dados significativamente diferentes entre os municípios.

Os valores da geração do RCC divergem da realidade encontrada nas usinas “A” e “B”. Nelas, a presença de RCC armazenado é mínima, não justificando o funcionamento frequente do britador. Na usina “A”, a ausência é atribuída à baixa geração, enquanto, na usina “B”, reflete a ausência da implantação da GRCC no município, com destaque para a disposição ainda em aterro sanitário e para a disposição irregular.

A expectativa de geração que deve ser utilizada para definir a capacidade de britagem da usina pode não ser uma referência adequada por vários motivos, dentre eles:

- municípios em expansão destinam o RCC a uso como aterro de outras obras, sem caracterizar a disposição irregular no meio urbano;
- a não exatidão da geração do RCC nos centros urbanos em intervalos de tempo que se relacionem a situações econômicas de crescimento, estabilidade e decréscimo econômico que permitam avaliar o comportamento da construção civil sob diversas condições;
- a não exatidão da geração do RCC classe A pela GRCC praticada e pela informalidade da indústria da construção civil.

A Tabela 11 foi construída com dados disponíveis nos Planos Integrados de Gerenciamento de RCC (PIGRCC) dos municípios sede das usinas, no projeto para

implantação e informações disponíveis em site da prefeitura quanto ao percentual de RCC gerado.

Tabela 11 – Indicadores Municipais

Usina Ano	Indicadores Produtivos das Usinas Existentes			Usina Ano	Indicadores Geração RCC dos Municípios		
	Geração kg/hab*	Geração t/dia	Capacidade Instalada (t/h)		Geração kg/hab	Geração t/dia	Capacidade Necessária (t/h)
A 2006	0,596	159,93	20	A Aterro 2007	0,092	24,68	5,08
B 2007	0,501	479,71	40	B Prefeitura 2009	0,497	476,00	89,5
C 2007	0,237	159,91	20	C PIGRCC 2007	0,495	333,04	41,63
D 1997	0,20	486,28	50	D PIGRCC 2006	0,494	1 201,11	150,13

*Valores obtidos na Tabela 15 (em grifo).

Os dados acima tornam frágil a determinação da capacidade de produção das usinas, tendo por base a geração de RCC per capita. Os valores apresentam distorções significativas em relação às capacidades instaladas. Assim, em uma análise estabelecida simplesmente em valores, é possível afirmar que a usina “A” está superdimensionada e as restantes sub-dimensionadas.

Entretanto, é possível indicar que o dimensionamento das usinas está atrelado a:

- uma expectativa de crescimento urbano dos municípios e de proporcional crescimento da geração;
- um índice fixo que, em três dos municípios, aproximou-se de 0,500 t/hab/dia, semelhante ao fornecido pela pesquisa SNIS;
- geração de RCC prefixada sem considerar o aproveitamento do RCC mediante a gravimetria.

O dimensionamento excedente da usina “A” pode estar associado à expectativa de crescimento urbano. Contudo, mesmo se ela fosse correta, o dimensionamento deveria estabelecer a correlação da geração a parâmetros como renda per capita, IDH, atividade urbana, grau de instrução da população, antevendo a GRCC eficiente.

A expectativa de crescimento urbano deve apoiar-se na prevenção em relação à geração de RCC nos centros urbanos, favorecendo o reuso, a redução e o adequado encaminhamento a reciclagem. O fato de estabelecer expectativas de crescimento de RCC

nos municípios em função do desenvolvimento deles significa uma oposição às políticas ambientais, apoiada em práticas degradantes.

Os dados de geração citados na Tabela 16 não discriminam a classe do RCC, permitindo sugerir que os valores correspondam às classes A, B, C e D cumulativamente. Essa imprecisão, associada às condições de operação atuais das usinas visitadas, permite afirmar a existência de compatibilidade entre a capacidade do britador para redução do RCC classe A.

Nesse aspecto, parte da produção das usinas se encontra comprometida pela:

- a) presença de RCC de solo e de movimentação de terra;
- b) RCC muito contaminado que torna lenta a produção;
- c) retirada de aço do RCC a beneficiar.

Quanto ao tipo de britador utilizado, é adequado ao agregado reciclado previsto nos PIGRCC municipais, que prevêem a confecção de blocos, meio fios e pavimentação. Entretanto, deve permitir também a redução de RCC de concreto estruturais, que têm apresentado resistências mais elevadas ao longo do tempo, característica que não deve ser empecilho a produção de um agregado reciclado de concreto de boa qualidade tecnológica.

Nesse aspecto, é indispensável a separação dos RCC de concretos estruturais dos RCC classe A vindos das obras de alvenaria e pavimentação. Essa condição tende a restringir mais as áreas de armazenagem de RCC das usinas, fazendo com que as obras de demolição com grandes volumes estruturais devam ter uma GRCC diferenciada, fornecidas pelo britamento em canteiro.

Na Tabela 12, é apresentado o total das áreas das usinas visitadas, bem como parâmetros de produção em kg/h/m² das unidades. Não foi possível determinar um parâmetro comum para as áreas a partir da capacidade de produção dos britadores instalados.

Tabela 12. Parâmetros de área e produção das usinas de reciclagem de RCC do Nordeste do Brasil

Usina	Área Total da Implantação x Capacidade de Produção/h			
	“A”	“B” ⁽¹⁾	“C”	“D”
Área da Implantação	8.658 m ²	13.566 m ²	17.741 m ²	26.000 m ²
Dado Técnico Fabricante ⁽²⁾	5.600 m ²	11.500 m ²	5.600 m ²	9.500 m ²
Capacidade de Produção	20 t/h	60 t/h	20 t/h	50 t/h
Produção/ área	2,310 Kg/h/m ²	4,423 Kg/h/m ²	1,127 Kg/h/m ²	1,923 Kg/h/m ²
Produção/área ⁽³⁾	3,571 Kg/h/m ²	5,217 Kg/h/m ²	3,571 Kg/h/m²	5,263 Kg/h/m²

⁽¹⁾ Área atual de 23.566m², acrescida à original por terreno não congruente de 10.000m² utilizada exclusivamente para armazenagem de agregado reciclado.

⁽²⁾ Valores recomendados pelo fabricante do britador.

⁽³⁾ Relação estabelecida com os valores recomendados pelo fabricante do britador.

Os dados técnicos disponibilizados pelo fabricante do equipamento orientam a aquisição de terrenos significativamente menores aos utilizados pelas usinas “C” e “D”. Nas usinas com atividade diária, a produção em Kg/h/m² deveria ser 3 vezes aproximadamente maior, identificando que o fabricante define a área de produção em fluxo contínuo e ininterrupto de armazenagem, beneficiamento e comercialização. Entretanto, observou-se nas usinas um processo com grande lentidão para a redução do RCC em blocos menores para britamento, da segregação do RCC, do tempo de espera pelo número de máquinas disponíveis. Isso provavelmente demanda áreas maiores. No Quadro 10, é apresentado o resumo das características produtivas das usinas visitadas.

Usina	Planta	Equipamento	Fator determinante para aquisição	Características					Controle do AR		Fator determinante da Produção/h	Consumo médio Kw/h	Ano de Aquisição
				Produção	Peneiras	Triagem Metais	Ruído	Vibração	Lavagem	Dosagem			
A	Fixo	Martelo	Reduz blocos de maior dimensão que o equipamento de mandíbula.	20 t/h	25,4 mm 9,5 mm 4,8 mm	Mecânica	Não	Não	Não	Não	Não informado	4,74	Anterior a 2006
B	Fixo	Martelo	Equipamento adequado ao RCC disponível na região. Economia dos martelos. Pouco adequado pedra.	40 t/h	25,4 mm 9,5 mm 4,8 mm		Revestimento Borracha	Não	Não	Não	Escolha da empresa e do fornecedor. Reduz blocos com Ø 30 a 40 cm	7,80	2008
C	Fixo	Martelo	Equipamento com menor custo. Utilizado na redução de concreto e pedra.	20 t/h	25,4 mm 9,5 mm 4,8 mm		Dormentes de madeira	Não	Não	Não	Plano de gestão Reduz blocos com Ø 30 a 40 cm	4,74	2008
D	Fixo	Moinho	Primeiro equipamento da usina.	-	-	Não	Não	Não	Não	Não	Utilizado para redução de pedra natural.	N I	1997
	Fixo	Mandíbula	Equipamento que se adequa a redução de pedra em função do tipo de aço das mandíbulas.	50 t/h	25,5 mm 12,5 mm	Manual	Não	Dormentes de madeira	Não	Não	Equipamento disponível para aquisição. Recondicionado.	N I	1997
	Móvel	Martelo	Menor consumo de energia e manter condições de britar pedra. A receber	90 t/h	Não Informado (NI)	-	-	-	Não	Não	Capacidade de redução x tipo de prestação do serviço a realizar.	N I	2010

Quadro 10. Características Produtivas das Usinas em atividade

d) Máquinas e Equipamentos

As usinas “A”, “B” e “C” visitadas possuem os seguintes equipamentos: Alimentador Vibratório – AV, Transportador de Correia Fixo – TC 1, Britador de impacto – BI, Transportador de Correia Fixo – TCF2, Transportador de Correia Móvel – TCM, Imã Permanente Automático, Sistema Anti-Pó – Nebulizador, Peneira Vibratória – PVA, Transportador de Correia Fixo – TCF3, Transportador de Correia Fixo – TCF4, Transportador de Correia Fixo – TCF5, Transportador de Correia Fixo – TCF6. As Figuras 42, 43, 44,45 e 46 abaixo mostram cada mecanismo isoladamente.



Figura 42. Alimentador Vibratório – AV (1), Britador de impacto – BI (2), Transportador de Correia Fixo – TC 1 (3), Transportador de Correia Fixo – TCF2 (4). Usina “A”



Figura 43. Transportador de Correia Móvel – TCM (5). Usina “B”



Figura 44. Imã Permanente Automático – Usina “B”.

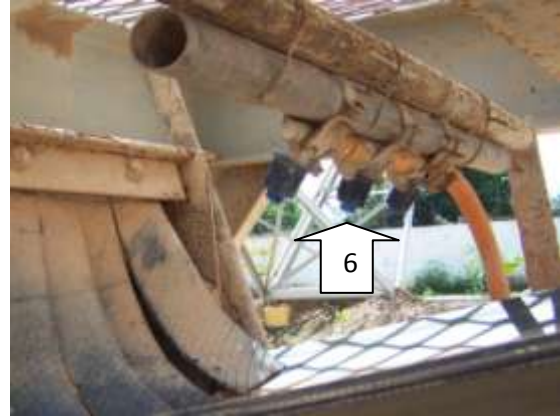


Figura 45. Sistema Anti-Pó - Nebulizador (6) - Usina “B”.



Figura 46. Peneiras Vibratórias – PVA (7), Transportador de Correia Fixo – TCF3 (8), Transportador de Correia Fixo – TCF4 (9), Transportador de Correia Fixo – TCF5 (10), Transportador de Correia Fixo – TCF6 (11). Usina “B”

Na usina “A”, foi encontrado o maior número de máquinas e equipamentos que compreendem: 01 caminhão poliguindaste com capacidade de 8 t, 04 caixas estacionárias com capacidade de armazenagem de 4m³ cada , 01 caminhão basculante com capacidade para 6 m³, 01 mesa vibratória para fabricação de pré-moldados e 01 turbo betoneira com acessórios.

A operação das usinas depende primordialmente da pá carregadeira que desenvolve as atividades de espalhamento de RCC para triagem; transporte até o alimentador; espalhamento das pilhas de agregado reciclado; carregamento dos veículos com agregado reciclado; serviço de nivelamento das camadas de RCC para formação das pilhas verticais na área de armazenagem do RCC.

Por ser um equipamento de alto custo para aquisição, cada usina possui só uma unidade operando, condição que desfavorece a produção pela diversidade de serviços a

executar. As Figuras 47, 48, 49, 50 e 51 ilustram as atividades da pá carregadeira durante o dia de produção das usinas.



Figura 47. Espalhamento de RCC para triagem. Usina “D”.



Figura 48. Nivelamento da pilha de RCC em área de armazenagem. Usina “C”.



Figura 49. Alimentação do britador - Usina “C”.

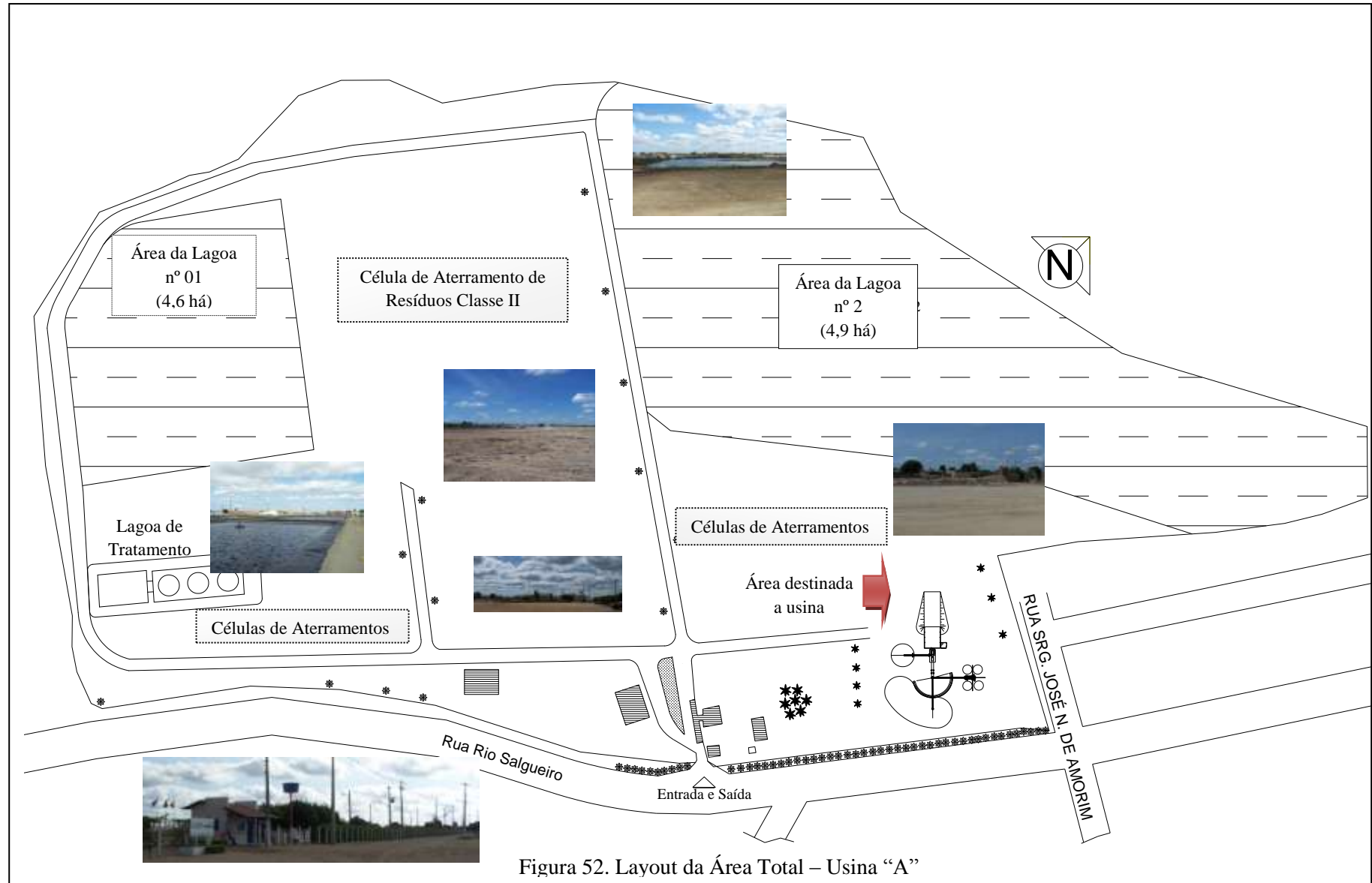


Figura 50. Espalhamento da pilhas de agregado reciclado - Usina “C”.



Figura 51. Carregamento de veículo com agregado reciclado. Usina “D”

A movimentação de veículos pesados e de carga nas áreas internas das usinas é intensa. Na fase de operação do britador, as atividades paralelas demandam acesso livre para tráfego. A produção de agregado reciclado é influenciada pela área da implantação, pelas vias internas de acesso para movimentação, pela adequada localização dos postos de trabalho visando a privilegiar o ritmo produtivo das usinas. As Figuras 52, 53, 54, 55, 56, 57 apresentam o layout da produção Apêndice C.



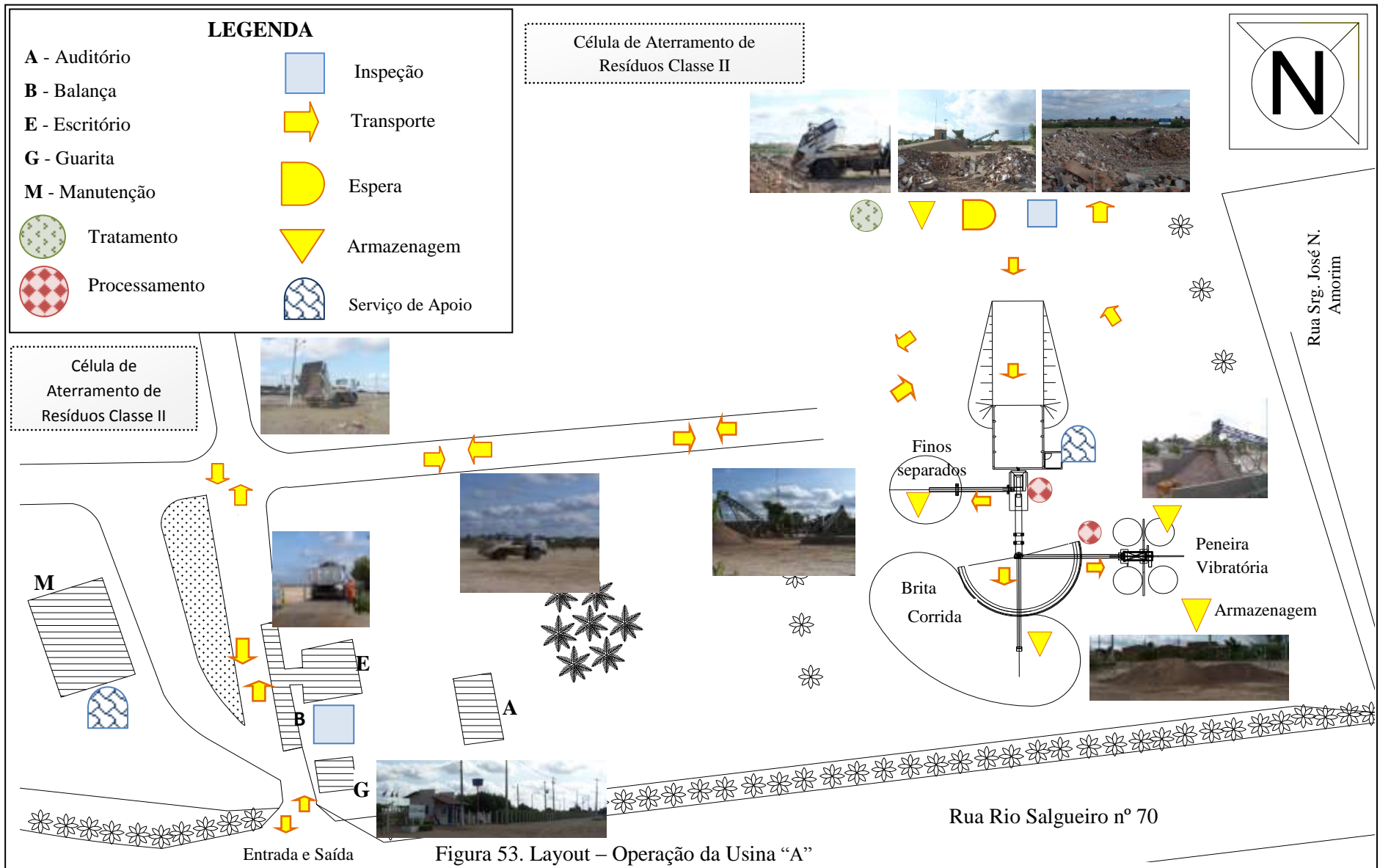


Figura 53. Layout – Operação da Usina “A”

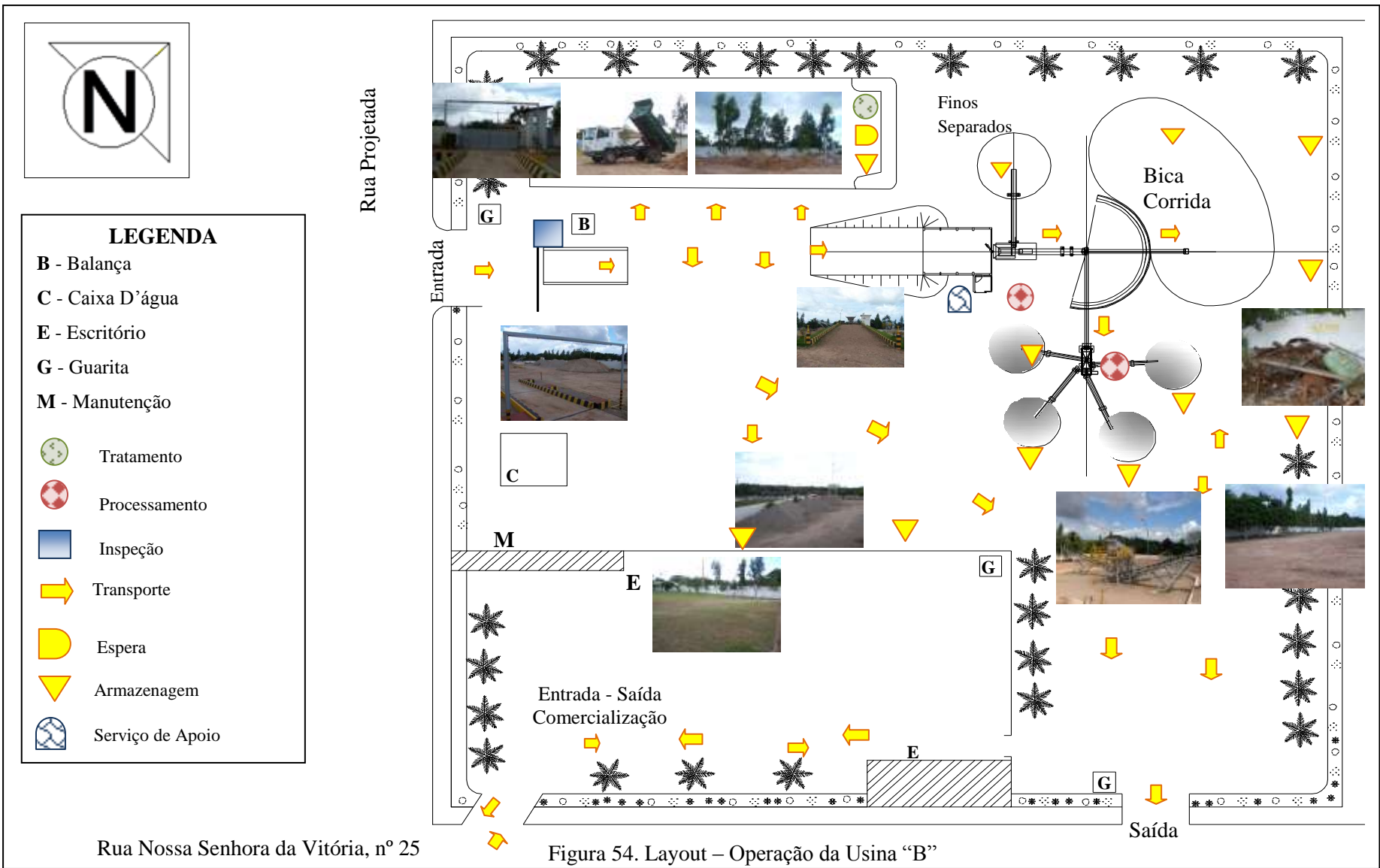


Figura 54. Layout – Operação da Usina “B”

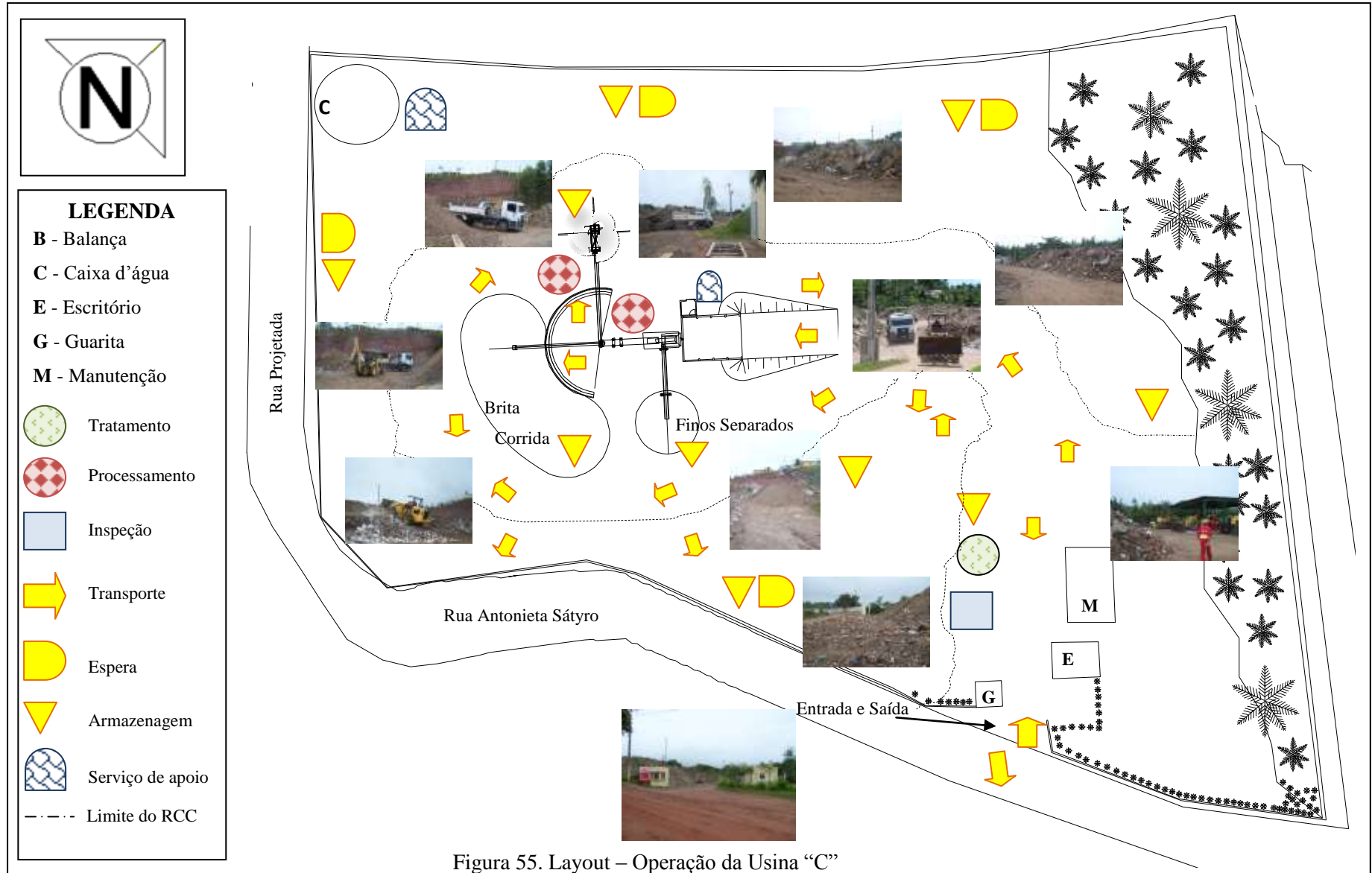
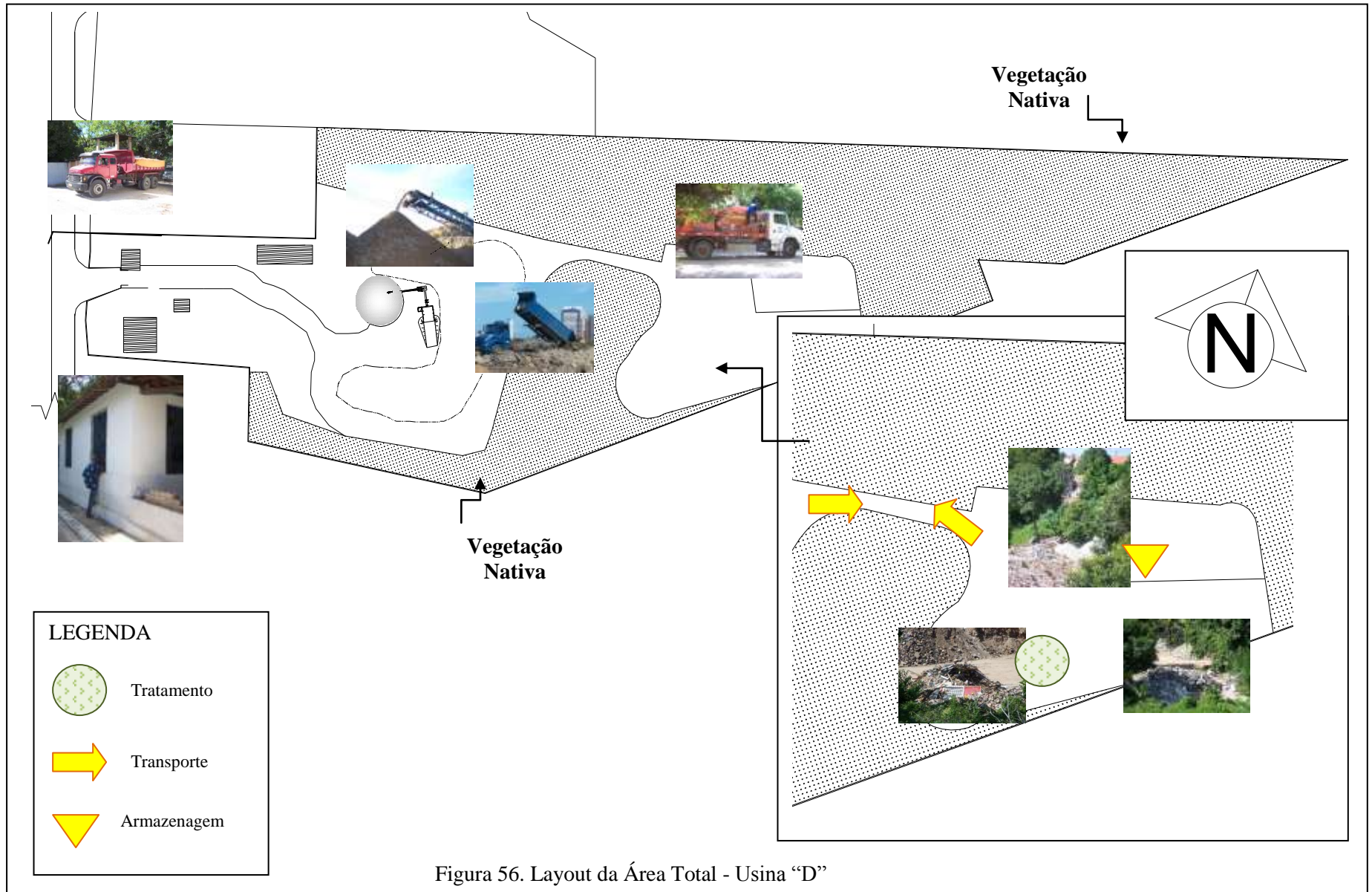


Figura 55. Layout – Operação da Usina “C”



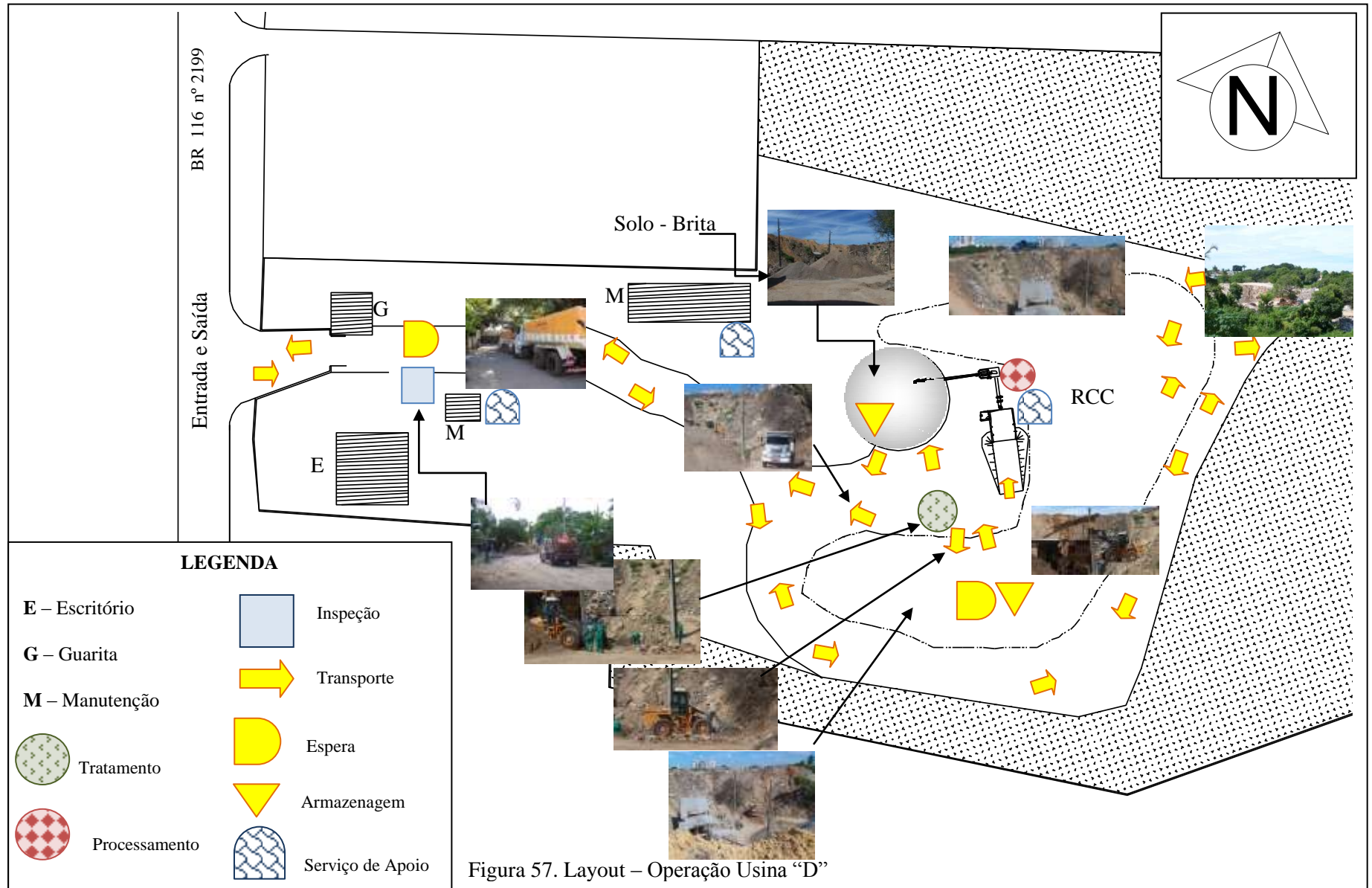


Figura 57. Layout – Operação Usina “D”

Com relação à instalação do núcleo de britagem das usinas “A” e “B”, é possível observar no layout que sua posição em relação ao norte magnético tem orientações sul e leste, respectivamente. Foi constatado que a condição mais favorável à operação deveria se dar sob a orientação norte e oeste. Nesse aspecto, as usinas “C” e “D” apresentam instalação adequada à dissipação das emissões de material particulado, sendo importante destacar que a usina “D” conta com uma barreira verde após o britador, favorecendo a retenção da poeira.

Na usina “A”, a localização do britador próximo aos limites do terreno desfavorece a circulação dos veículos e da pá carregadeira para as atividades de remoção do agregado reciclado.

A usina “B” está implantada em um terreno que limita o fluxo adequado de veículos e equipamentos de modo a permitir uma operação continuada de recepção, disposição, alimentação, expedição de agregado reciclado e movimentação de veículos vazios.

A usina “C” também possui área exígua para a atividade constatada. Entretanto, parte da dificuldade de armazenagem se dá pelo encaminhamento de RCC de solo, que deve ser destinado a outras finalidades exceto as usinas de reciclagem de RCC. O fluxo de veículo está comprometido pela armazenagem de RCC e resíduos das classes B, C.

Na usina “D”, o fluxo de veículos e equipamentos é intenso e desfavorável às condições de segurança também em decorrência da armazenagem de RCC.

Na prática, as usinas não dispõem de área para estocagem de RCC triado que permita a realização da britagem de modo independente da triagem momentânea, desfavorecendo a continuidade do fluxo de alimentação do britador, do carregamento do agregado reciclado, da triagem e da armazenagem.

4.1.4. Produtos e resíduos gerados

Esta seção foi organizada a partir da matéria prima utilizada nas usinas relacionando suas interferências aos agregados reciclados. A seguir, são descritos o manejo e o tratamento dos resíduos advindos da produção e as terminologias de comercialização do agregado reciclado.

a) Matéria Prima

O RCC beneficiado nas diferentes usinas apresenta grande diversidade de composição, predominando:

- a) na usina A, resíduos de alvenaria e solo;
- b) na usina B, resíduos de cerâmica vermelha e pedra argilosa;
- c) na usina C, resíduos de alvenaria, solo e RDO;
- d) na usina D, resíduos de pavimentação e concreto.

Essa diversidade regional é efeito das técnicas construtivas, do desenvolvimento industrial e urbano, do poder aquisitivo do consumidor e da cultura local do autoconstrutor, entre outros fatores. Entretanto, é possível que as diferentes regiões impeçam a produção de agregados reciclados em linhas diferentes da produção atual para pavimentação. As Figuras 58, 59, 60 e 61 evidenciam a percepção dos geradores quanto ao tratamento dos RCC, fato que também contribui na limitação da produção de agregados reciclados com melhores características tecnológicas.



Figura 58. RCC na Usina "A".



Figura 59. RCC na Usina "C".



Figura 60. RCC na Usina "B".



Figura 61. RCC na Usina "D".

Essas diversidades regionais justificam a dificuldade do emprego do agregado reciclado, a exemplo da usina "B", com produção exclusiva de Agregado Reciclado Misto (ARM) para pavimentação, pelo tipo de RCC disponível. Na usina "D", o ARM é utilizado na pavimentação e em concreto reciclado não estrutural. As Figura 62 e 63 mostram a diversidade do RCC beneficiado.



Figura 62. Agregado reciclado da usinas “B”.



Figura 63. Agregado reciclado da usina “D”.

O agregado reciclado ganhará em qualidade com um memorial descritivo das demolições que identifiquem as etapas, as técnicas empregadas e seus respectivos resíduos por fase de desconstrução, discriminando periculosidade, tratamento e destinação dentro e fora dos canteiros.

Esse ordenamento adequa o projeto e execução das construções às demanda dos materiais para reuso e reciclagem quando da demolição, bem como prevê a existência de áreas livres, vitais ao tratamento dos RCC, reordenando os canteiros de demolição ao reemprego.

Assim, o rigor no recebimento do RCC, na armazenagem por tipo de obra, na estocagem de RCC previamente triado e na lavagem do agregado reciclado podem ser utilizados como medidas de melhoria de qualidade para o agregado reciclado das usinas.

b) Produção das usinas

A NBR 15.116/2004 estabelece que os agregados oriundos das áreas de reciclagem são classificados como Agregado Reciclado Misto (ARM) e Agregado Reciclado de Concreto (ARC). No Quadro 11, apresenta-se a terminologia utilizada em cada usina, as respectivas faixas granulométricas, a função a que se destinam atualmente e a terminologia adotada.

A terminologia não uniforme entre os estados desfavorece o reconhecimento do agregado reciclado principalmente quanto à granulometria. Essa ausência de identidade promove situações de equívoco na aplicação e nas características do material a adquirir, reduzindo a aceitação junto ao mercado de materiais de construção.

Abertura da Peneira (mm)	Terminologia – Aplicação (<i>In Natura e Subprodutos</i>)								
	Usina “A”		Usina “B”			Usina “C”		Usina “D”	
	ARM		ARC	ARM ¹		ARC ²	ARM	ARP ³	ARM
>25,4	Agregado Reciclado		Brita 02	Rachão		Rachão			
9,5 < ϕ < 25,4	Pedra 1 Reciclada		Brita 01	Pedra 1		Brita 19	Bica Corrida	Brita 25	
4,8 < ϕ < 9,5	Pedrisco Reciclado		Brita 00	Pedrisco		Cascalhinho		Brita 12,5	Solo Brita
<4,8	Areia Reciclada		Pó de pedra	Bica Corrida		Pó de Brita	Bica Fixa		

¹ Agregado Reciclado Misto com menos de 90% de RCC de concreto.

² Agregado Reciclado de Concreto com mais de 90% de RCC de concreto.

³ Agregado Reciclado de Pedra de pavimentação.

Quadro 11. Terminologia utilizada na entrega do agregado reciclado.

c) Armazenagem do Agregado Reciclado

A armazenagem ocorre em pilhas cônicas localizadas abaixo dos transportadores de correia até atingirem altura que não permita queda, momento em que são colocadas em prática três opções como solução. Na primeira, o transportador de correia móvel é direcionado para um ponto diferente e a operação de britagem segue normalmente iniciando a formação de nova pilha. Na segunda alternativa, a pá carregadeira executa o espalhamento da pilha, de cima para baixo, originando espaço para queda do agregado reciclado. Nessa operação, são interrompidas outras atividades da pá. A terceira consiste na retirada do produto direto para o veículo de transporte. As Figuras 64, 65 e 66 ilustram a armazenagem em pilha, abaixo dos transportadores de correia.



Figura 64. Alternativa de ampliação das áreas de armazenagem. Usina “D”.



Figura 65. Alternativa de ampliação das áreas de armazenagem. Usina “C”.



Figuras 66. Alternativa de ampliação das áreas de armazenagem. Usina “C”

As duas últimas soluções são adotadas nas usinas “C” e “D” como alternativas à insuficiência de área para estocagem do agregado reciclado, que chega a armazenar nessas condições 1080 m³ de ARM suficiente para atender a demanda de um dia de comercialização. A armazenagem abaixo dos transportadores de correia deve ser favorecida na escolha do terreno de implantação, através da declividade acentuada, permitindo a formação de pilhas mais altas em relação à base do britador.

As usinas utilizam também áreas separadas para armazenagem de agregados reciclados, destinadas à manutenção de estoque regulador. Abertas e descobertas, as áreas de armazenagem possuem pouca condição para garantir a ausência dos resíduos existentes na própria usina. A faixa granulométrica do agregado é garantida por espaços vazios existentes entre as pilhas e sem isolamento. As Figuras 67 e 68 mostram a armazenagem de agregado reciclado nas usinas.



Figura 67. Armazenagem na usina “B”.



Figura 68. Armazenagem na usinas “D”.

A usina “B” possui área de 10.000 m², não congruente à unidade, onde é feita a estocagem do agregado reciclado produzido. Existe dificuldade de inserção do produto para comercialização, em parte devendo-se ao restrito uso na pavimentação, o que torna o poder público municipal o potencial comprador.

Com relação à armazenagem do ARC, uma opção que otimiza o espaço foi adotada nas usinas “A” e “C”, a partir da instalação da peneira em estrutura de alvenaria elevada composta por 4 setores distintos, como pode ser observado nas Figuras 69, 70 e 71.



Figura 69. Armazenagem em baias - Usina "C".



Figura 70. Vista anterior da baia - Usina "C".



Figura 71. Queda do agregado reciclado de concreto - Usina "C".

d) Resíduos gerados

As usinas visitadas possuem realidades diferentes quanto à gestão dos resíduos. Na usina "A", os resíduos não beneficiados como agregado reciclado são separados e destinados às células de inertes do aterro controlado ao final do turno de trabalho, com exceção das madeiras, que são trituradas e utilizadas como matéria para compostagem, justificando a ausência de acondicionadores para resíduos. Esse procedimento é tido como o mais adequado pelo técnico responsável. As Figuras 72, 73 e 74 ilustram a prática descrita.



Figura 72. Armazenagem de resíduos nas usinas.



Figura 73. Armazenagem de resíduos nas usinas.



Figura 74. Madeira triturada em pilha de compostagem.

Na usina “B”, os resíduos triados são acondicionados em baias e latões de metal. Semanalmente eles são recolhidos pela empresa de limpeza pública e encaminhados ao aterro do município. Em pontos da usina, existem materiais de construção separados por matéria prima, para reuso. As Figuras 75, 76, 77 e 78 exemplificam o tratamento dado aos resíduos.



Figura 75. Armazenagem de resíduos na área interna das usinas.



Figura 76. Armazenagem de resíduos na área interna das usinas.



Figuras 77. Armazenagem de materiais para reuso.



Figuras 78. Armazenagem de materiais para reuso.

Na usina “C”, foi observada a existência de áreas para armazenagem de papel e papelão, metal, madeira, gesso e plástico, em virtude da elevada contaminação do RCC recebido. A maior parte do problema está no RCC transportado em caçambas estacionárias, que apresenta maior contaminação. Esse comportamento é atribuído ao fato das disposições na usina não terem custo para o gerador, o mesmo não ocorrendo para disposição dos RCC classes B, C e D em aterro sanitário do município.

Essa prática irregular reduz a área útil da usina, gera ônus ao poder público municipal responsável pela retirada e transporte dos resíduos gerados na usina e pela disposição em aterro sanitário. Para romper esse ciclo, o transportador das caçambas estacionárias deve atuar como orientador e fiscalizador de seu cliente, bem como deve ser fiscalizado pelo poder público e pelas entidades de classes participantes da cadeia da construção civil.

Nessa usina, a retirada de resíduos atinge uma média de 25 caçambas com 12m³ cada de resíduo por mês que são encaminhados ao aterro sanitário. As Figuras 79, 80 e 81 ilustram o relato anterior.



Figura 79. Armazenagem de resíduos na área interna das usinas.



Figura 80. Armazenagem de resíduos na área interna das usinas.



Figura 81. Armazenagem de resíduos na área interna das usinas.

A usina “D” mantém área de armazenagem para madeira, metal e gesso segregados, situação avaliada como adequada pelo responsável pela unidade. As madeiras são ordenadas de modo a permitir o reuso como piquetes e estacas, sendo comercializados para empresas de construção civil. Todo o restante é transformado em briquete²³, sendo repassado a padarias e pizzarias para queima em fornos.

Por ter maior valor agregado, o aço é remodelado em barras, recebe uma camada de zincagem e destina-se a pré-fabricados em concreto. O material é vendido no escritório da usina sempre que disponível, obtendo o melhor resultado econômico quando incorporado ao aço nos pré-fabricados de concreto reciclado comercializados.

O gesso é negociado como produto de correção do solo para agricultura. Abaixo, as Figuras 82, 83 e 84 apresentam os tratamentos dados aos resíduos das usinas.



Figura 82. Armazenagem do resíduo na área interna das usinas.



Figura 83. Armazenagem e beneficiamento do resíduo na área interna das usinas.



Figura 84. Beneficiamento do resíduo na área interna das usinas.

²³ Pasta compacta, geralmente em forma de tijolo, composta de pó de carvão e um aglutinante (argila, breu, etc), utilizada como combustível. A forma ‘brinquete’ é empregada no Ceará e faz menção a peça grossa de madeira.

4.1.5 Síntese da avaliação das usinas de reciclagem de RCC – Região Nordeste

Nessa seção, se fez a relação entre as determinações da NBR nº 15.114/2004 e a análise dos levantamentos realizados nas visitas às usinas de reciclagem de RCC da região Nordeste.

Dois resultados foram obtidos. O primeiro compreende a avaliação mediante critérios de conformidade, que está apresentado no quadro-síntese e no Apêndice D. O segundo foi a construção de um quadro síntese das interferências do processo produtivo nas propriedades tecnológicas pretendidas para o agregado reciclado.

Resultados e discussões

A localização e o terreno das usinas interferem negativamente na operação e no controle dos insumos bem como do produto final. Os principais fatores que contribuíram para tanto são a área exígua, o acesso desfavorável, a ausência de vegetação nativa e a presença de corpos d'água não preservados.

As etapas de operação relativas à admissão e triagem contribuem para maior variabilidade e reduzem a empregabilidade do produto reciclado por favorecer a contaminação, tendo caráter irreversível sobre o agregado reciclado.

A ausência de terminologia do agregado reciclado favorece a desconfiança quanto ao emprego em igualdade de condições atendidas pelo agregado natural.

O Quadro 12 apresenta a síntese da avaliação quali-quantitativa das diretrizes observadas, que permite identificar a não conformidade dos requisitos de implantação, projeto e operação citados em norma. Os itens *grifados* não estão referenciados na norma brasileira, mas constam da literatura. Em seguida, são feitas considerações sobre a avaliação das diretrizes, bem como recomendações para a norma NBR nº 15.114/2004, como a melhoria dos requisitos estabelecidos por ela.

Diretrizes Observadas			Usina A		Usina B		Usina C		Usina D		
			Conceito	VA	Conceito	VA	Conceito	VA	Conceito	VA	
Implantação	Local	<u>Fatores da Escolha</u>	Não atende	-1	Não atende	-1	Não atende	-1	Atende parcial	0	
		Acesso Externo	Não atende	-1	Não atende	-1	Não atende	-1	Atende	1	
		Hidrologia Local	Não atende	-1	Atende	1	Não atende	-1	Atende	1	
		Vegetação	Não atende	-1	Não atende	-1	Não atende	-1	Atende	1	
		Licença Municipal	Atende	1	Atende	1	Não atende	-1	Atende	1	
	Licença Ambiental	Atende	1	Atende	1	Atende	1	Atende	1		
	Terreno	<u>Cerca Vegetal</u>	Não atende	-1	Não atende	-1	Não atende	-1	Atende	1	
		Aceitação Popular	Não atende	-1	Atende parcial	0	Atende parcial	0	Atende	1	
		Isolamento	Atende	1	Atende	1	Atende	1	Atende	1	
		Sinalização	Atende	1	Atende	1	Atende	1	Atende	1	
		<u>Acesso Interno</u>	Atende	1	Não atende	-1	Não atende	-1	Não atende	-1	
		Emissão de Pó	Não atende	-1	Não atende	-1	Não atende	-1	Atende	1	
		<u>Recepção (local)</u>	Não atende	-1	Não atende	-1	Não atende	-1	Não atende	-1	
	<u>Triagem (local)</u>	Não atende	-1	Não atende	-1	Não atende	-1	Não atende	-1		
Total Parcial			-4		-3		-7		7		
Operação	Admissão	<u>Vistoria</u>	Não atende	-1	Atende parcial	0	Não atende	-1	Não atende	-1	
		<u>Medição</u>	Atende	1	Atende	1	Não atende	-1	Não atende	-1	
		CTR	Não atende	-1	Não atende	-1	Não atende	-1	Não atende	-1	
	Pré-beneficiamento	Mecânico	Não atende	-1	Não atende	-1	Não atende	-1	Não atende	-1	
		Triagem	Manual	Atende	1	Atende	1	Atende parcial	0	Atende parcial	0
	<u>Mecânico</u>		Não atende	-1	Não atende	-1	Não atende	-1	Não atende	-1	
	Magnética		Atende	1	Atende	1	Atende	1	Atende	1	
	<u>Controle de qualidade</u>			Não atende	-1	Não atende	-1	Não atende	-1	Não atende	-1
	Britador	Tipo	Atende	1	Atende	1	Atende	1	Atende	1	
		Produção	Atende	1	Atende	1	Atende	1	Atende	1	
		Peneiras	Atende	1	Atende	1	Atende	1	Atende	1	
	Máquina e equipamento	Pá carregad.	Não atende	-1	Não atende	-1	Não atende	-1	Não atende	-1	
		Caminhão poli	Não atende	-1	Atende	1	Atende	1	Atende	1	
		Mesa vibrat.	Não atende	-1	Atende	1	Atende	1	Atende	1	
Betoneira		Não atende	-1	Atende	1	Atende	1	Atende	1		
Treinamento	Operação	Atende	1	Atende	1	Atende	1	Atende	1		
	Emergência	Atende	1	Atende	1	Atende	1	Atende	1		
<u>Controle de qualidade</u>			Não atende	-1	Não atende	-1	Não atende	-1	Não atende	-1	
Total Parcial			-2		5		-1		-1		
Matéria Prima, Produto e Resíduos	Matéria Prima	Pavimentação	Atende	1	Atende	1	Atende	1	Atende	1	
		Argamassa	Atende	1	Atende	1	Atende	1	Atende	1	
		Concreto	Atende	1	Atende	1	Atende	1	Atende	1	
	<u>Controle de qualidade</u>			Não atende	-1	Não atende	-1	Não atende	-1	Não atende	-1
	Agregado Reciclado	<u>Terminologia</u>	Não atende	-1	Não atende	-1	Não atende	-1	Não atende	-1	
		<u>Controle de qualidade</u>			Não atende	-1	Não atende	-1	Não atende	-1	
	Armazenagem	<u>Protegida</u>	Não atende	-1	Não atende	-1	Não atende	-1	Não atende	-1	
		A céu aberto	Atende	1	Atende	1	Atende	1	Atende	1	
	<u>Controle de qualidade</u>			Não atende	-1	Não atende	-1	Não atende	-1	Não atende	-1
	Resíduos gerados	Classe B	Atende	1	Atende	1	Não atende	-1	Não atende	-1	
Classe C		Atende	1	Atende	1	Não atende	-1	Não atende	-1		
<u>Controle de qualidade</u>			Atende	1	Atende	1	Não atende	-1	Não atende	-1	
			2		2		-4		-4		
Avaliação Quantitativa Final				-4		4		-12		4	

Quadro 12. Síntese da avaliação das usinas da região nordeste

As diretrizes de implantação na usina “D” apresentam maior conformidade à norma, sendo relevante estudar a relação entre a área total, as áreas ocupadas e as áreas de preservação da vegetação nativa como parâmetro recomendável a esses empreendimentos.

Nesse aspecto, a menor conformidade corresponde às usinas “A” e “C”, indicando que terras degradadas devem ser remediadas, entretanto, reintegrar a posse das terras com redução de investimentos como forma de viabilizar a implantação de usinas públicas se mostrou uma alternativa desfavorável à produção do agregado reciclado em usinas de reciclagem de RCC.

Na usina “B”, a não conformidade é reflexo da dimensão área total utilizada para implantação, justificando a ausência de densa vegetação, a redução da área de armazenagem e as reduzidas áreas de circulação.

Quanto às diretrizes de operação, a usina “B” apresenta melhor conformidade, em decorrência da produção infrequente por falta de RCC, o que reduz os efeitos causados pela produção diária. Na usina “A”, a maior não conformidade se deve à existência de equipamentos para produção de artefatos de concreto reciclado sem distinção das áreas utilizadas para os pré-fabricados. As usinas “C” e “D” apresentam não conformidade na admissão e triagem do RCC.

No que se refere à matéria prima, ao agregado reciclado e ao descarte dos resíduos as usinas “A” e “B” apresentam condições de conformidade em virtude da produção infrequente. As usinas “C” e “D” usam grandes áreas para armazenagem e têm menor eficiência na triagem, elevando as condições de contaminação.

Na avaliação geral, é possível afirmar que as usinas “B” e “D” apresentam leve tendência à conformidade. A usina “A” apresenta não conformidade quanto à implantação e à operação, seguida da usina “C”, que apresenta não conformidade em todas as etapas avaliadas. As tabelas 13, 14, 15 e 16 mostram o quantitativo da avaliação de cada usina. A Figura 85 mostra os indicadores das usinas.

Tabela 13. Quantitativo da Avaliação da Usina “A”

Usina “A”	Intervalo de variação	Avaliação da Usina	Indicador
Implantação	-14 a 14	-4	35,70%
Operação	-18 a 18	-2	44,48%
Mat. prima, produto, resíduos	-12 a 12	2	58,38%

Tabela 14. Quantitativo da Avaliação da Usina “B”

Usina “B”	Intervalo de variação	Avaliação da Usina	Indicador
Implantação	-14 a 14	-3	39,27%
Operação	-18 a 18	5	63,94%
Mat. prima, produto, resíduos	-12 a 12	2	58,38%

Tabela 15. Quantitativo da Avaliação da Usina “C”

Usina “C”	Intervalo de variação	Avaliação da Usina	Indicador
Implantação	-14 a 14	-7	25,00%
Operação	-18 a 18	-1	47,26%
Mat. prima, produto, resíduos	-12 a 12	-4	33,36%

Tabela 16. Quantitativo da Avaliação da Usina “D”

Usina “D”	Intervalo de variação	Avaliação da Usina	Indicador
Implantação	-14 a 14	7	75,00%
Operação	-18 a 18	-1	47,26%
Mat. prima, produto, resíduos	-12 a 12	-4	33,36%

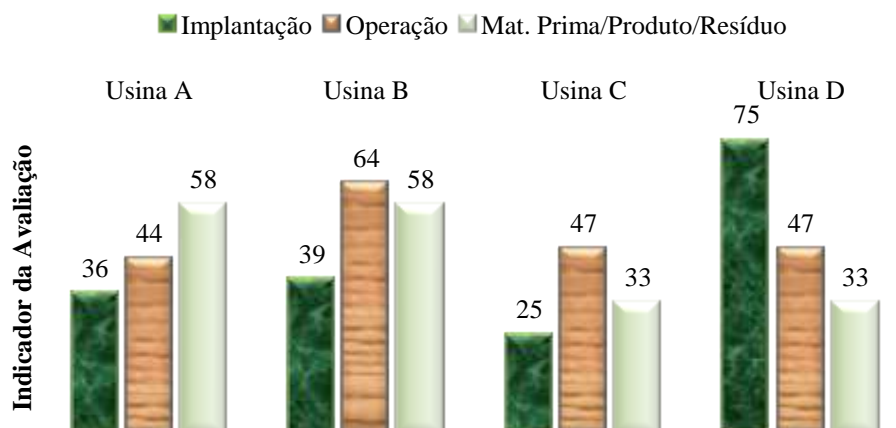


Figura 85. Indicadores das Usinas Avaliadas

Quanto à forma como as usinas interferem na qualidade do agregado reciclado, foi possível estabelecer correlações do referencial teórico com a pesquisa de campo que resultam nas seguintes considerações:

- o elevado potencial de geração do RCC influencia negativamente na qualidade do agregado reciclado por reduzir satisfatoriamente a segregação que vise ao reuso e o reemprego, provocando a entrada de RCC nas usinas que lá não deveriam chegar;
- a classificação utilizada para o RCC no Brasil desfavorece a qualidade do agregado reciclado das usinas, sobretudo pela presença de solos e pela ausência dos procedimentos de demolição seletiva, essenciais para a segregação na fonte geradora (canteiros de obra);
- as afirmações anteriores contribuem em caráter irreversível para a qualidade do agregado reciclado, pois comprometem a composição mineral do produto em relação ao teor de contaminação. Sua separação interfere negativamente quanto ao aspecto econômico, em virtude do custo econômico e ambiental através da elevação do consumo de energia;

- d) o controle dos resíduos segregados nas usinas apresenta influência positiva e irreversível quanto à qualidade do agregado reciclado. O descarte adequado dos resíduos favorece a qualidade pela redução das condições de contaminação do agregado reciclado. Essa influência se caracteriza por ser irreversível sempre que a gestão dos resíduos for insatisfatória, provocando contaminação dentro das áreas das usinas;
- e) os britadores influenciam de maneira irreversível na qualidade do agregado, o que permite indicar que a utilização associada de britadores de mandíbula e martelo devem oferecer agregados reciclados de requisito técnico de empregabilidade;
- f) o consumo de energia e a uniformidade do RCC afetam a qualidade do agregado reciclado de modo positivo. O consumo de energia pode ser menor na medida inversa da uniformidade do RCC para produção de um agregado reciclado de menor variabilidade;
- g) o controle no recebimento do RCC, a triagem criteriosa e as áreas de armazenagem destinadas ao RCC afetam positivamente a qualidade do agregado reciclado, pois são responsáveis por interferências que determinam a composição final do produto;
- h) as áreas de armazenagem dos produtos reciclados e o acondicionamento afetam a qualidade do agregado por reduzir as condições de contaminação, por outro lado, contribuem para a uniformidade e futuros certificações dos produtos.

A geração de ruído, a emissão de pó, a capacidade de produção e os tipos de produtos afetam a aceitação, a confiabilidade e o sucesso da atividade de reciclagem devido ao impacto na vizinhança e à garantia das condições de abastecimento do mercado consumidor.

O Quadro 13 apresenta a síntese das interferências entre as etapas produtivas e as alterações na qualidade do agregado reciclado obtidas na revisão literária, bem como extraídas da metodologia da avaliação das usinas visitadas (APÊNDICE - E).

Interferências		Influência na Qualidade do Agregado Reciclado					Não se aplica
		Não afeta	Positiva	Negativa	Reversível	Irreversível	
Consumo de energia			X				
Matéria Prima	Uniformidade RCC		X				
	Potencial de geração						
	Classe A (a)						
	Classe A (b)						
	Classe A (c)						
	Distância de Transporte						X
	Proximidade de Centros Urbanos						X
	Aceitação Popular				X		
	Vias de Acesso						X
	Geração de Ruído						
	Emissão de Pó						X
	Área de Armazenagem		X				
	Controle Recebimento		X				
Triagem		X					
Processo de Redução	Capacidade Britagem						X
	Área Armazenagem produto		X				
	Acondicionamento		X				
	1ª Geração						
	2ª Geração		X				
	3ª Geração	Não Avaliada					
	Britador de Impacto		X				
	Britador de Mandíbula		X				
Produto gerado	Moinho de Martelo						
	Cones de Britagem						
	Planta Fixa		X				
	Planta Móvel						
	Agregado - Pavimentação						X
	Agregado - Concreto						X
Resíduo	Agregado - Pavimento Asfáltico						X
	Controle de Qualidade		X				
	Armazenagem Granulometria		X				
	Acondicionamento		X				
	Emissão de Pó						X
	Emissão de Ruído						X
Descarte	Separação de Resíduos		X				
	Caracterização		X				
	Controle da matéria Prima		X				
	Triagem		X				
	Cominuição		X				
Expedição		X					

Quadro 13. Diretrizes x Influências na Qualidade.

4.2 GESTÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM SALVADOR

Esta seção contém a análise da GRCC em Salvador desde sua implantação em 1998, destacando-se o panorama atual da GRCC, o projeto da usina de reciclagem existente na LIMPURB, a estimativa de geração e as demandas de consumo do agregado natural para a cidade.

4.2.1 Panorama atual da Gestão dos resíduos da construção civil em Salvador

O modelo de Gestão do município de Salvador implantado em 1998 tem por princípio disciplinar o pequeno gerador para disposição do RCC nos Postos de Descarga de Entulho (PDE), tornando-os responsáveis até o momento da entrega. O transbordo, tratamento e disposição final são de responsabilidade da Prefeitura. Todo material dos PDEs pode ter duas destinações: terraplenagem, sempre que possível, ou ser transportados para as BDE previstas para Porto Seco e Parque Sócio-Ambiental de Canabrava.

A proposta baseia-se na otimização das atividades de limpeza pública assegurando condições sanitárias, funcionais, estéticas, ambientais e econômicas, estabelecendo um novo padrão de qualidade de vida na cidade (SALVADOR, 2009, p.3). A proposta prevê a orientação, fiscalização e monitoramento do descarte clandestino na malha urbana e remediação das áreas degradadas pelo descarte irregular do RCC. A Figura 86 mostra o fluxo proposto em 1998.

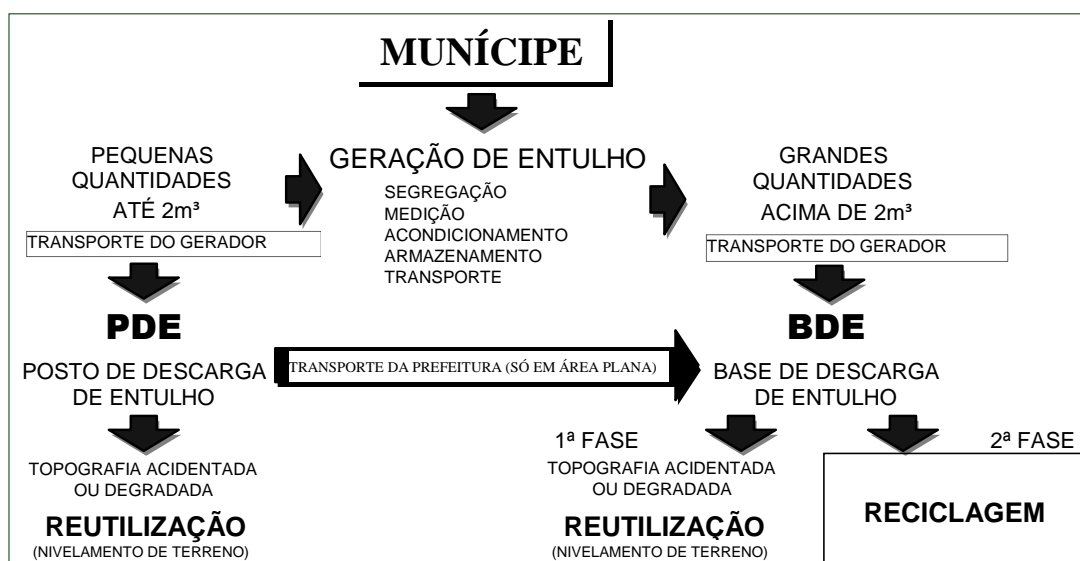


Figura 86- Fluxograma do Funcionamento dos PDEs e BDEs.

Fonte: SALVADOR (2009)

O suporte legal ao programa foi dado pelo Decreto nº 12.066/98, que disciplina o procedimento para acondicionamento dos resíduos sólidos, e pelo Decreto nº 12.133/98, que dispõe sobre manejo, acondicionamento, coleta, transporte, tratamento e destino final dos RCC no âmbito do Município de Salvador, permitidos pelo regulamento de limpeza urbana do município Decreto nº 7.700/86.

A sistematização da coleta do RCC e a inibição da disposição irregular dos RCC na cidade do Salvador contaram na primeira etapa com a implantação de 6 PDEs de um total de 18 previstos em 1998. O layout ilustrado na Figura 87 foi reformulado para se adequar à resolução CONAMA nº 307/2002. Em 1998, não haviam sido previstos a coleta seletiva, o recebimento de poda e grandes volumes.

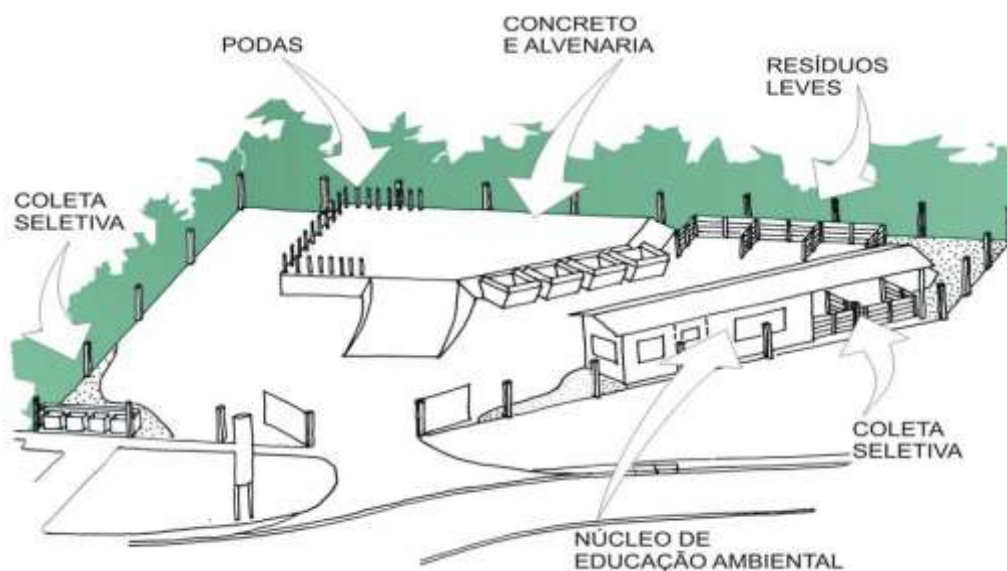


Figura 87. PDE – Layout proposto pela LIMPURB em 2007. Fonte: SALVADOR (2009)

Os PDEs foram idealizados para receber até 2m³ de RCC por gerador e transferi-los às BDEs, que são locais preparados para receber, reutilizar, reciclar e destinar adequadamente o RCC. Para disposição nos PDE, inexistente restrição para: segregação prévia do RCC por classe; identificação por tipo de obra (ampliação, reforma, demolição ou construção); identificação da categoria da obra (residencial, comercial, industrial). No deslocamento de pequenos volumes, o transporte pode ser feito em veículo particular sem necessidade de cadastro na LIMPURB.

A Figura 88 identifica o limite geográfico de cada Núcleo de Limpeza (NL), a localização de todos os PDEs a implantar e os já implantados. Os valores indicados referem-se à quantidade de pontos de disposição irregular em 1999 e 2007 respectivamente, períodos tomados como mais representativos das alterações provocadas na GRCC do município nos últimos 11 anos.

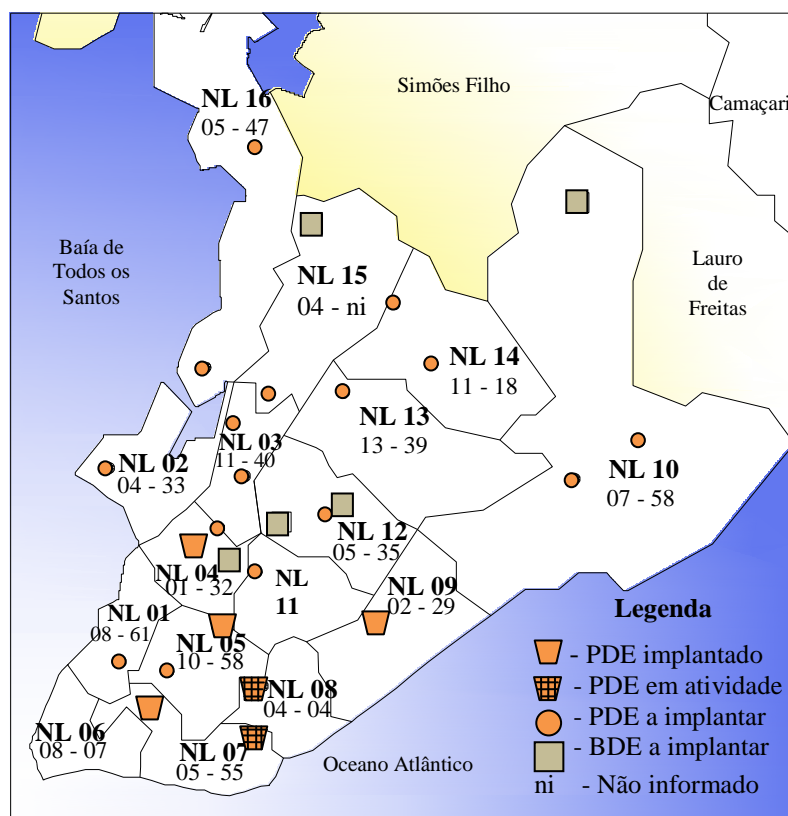


Figura 88. Localização dos Pontos e Bases da Cidade do Salvador, Núcleos de Limpeza (disposições de 1999 – 2007). Fonte: Salvador (2009)

Em 1999, a população estava sob a influência do Programa de informação e educação ambiental nas áreas de cada PDE implantado, ano que apresentou a menor disposição irregular desde 1998. Em 2007, os valores superaram os de 1996, período anterior à GRCC, se atribuindo esse crescimento à descontinuidade das ações públicas promovidas pela LIMPURB, que refletem de fato a descontinuidade administrativa desde 2002, resultado de sucessivas mudanças de gestores públicos e abandono de projetos em andamento.

A segunda etapa prevista compreende a implantação dos 12 PDE restantes, 5 BDEs, 2 usinas de reciclagem e 1 fábrica de pré-fabricados de concreto. Em 2004, 2005, 2006 e 2007, foram realizados projetos para captação de recursos financeiros, entretanto sem lograr êxito (SALVADOR 2009).

Esses insucessos comprometem toda a GRCC idealizada para a cidade e estão em oposição aos resultados favoráveis obtidos nos 4 primeiros anos da implantação. Na Tabela 08, é possível observar a redução dos pontos de disposição irregular nos NL da cidade, indicando que a população é sensível às práticas de ordenamento e cooperação das disposições particularmente dos RCC. A partir de 2002, o crescimento dos pontos de disposição irregulares foi de 33,57 % em relação ao total desde o início da GRCC. A média da coleta do RCC das ruas da cidade foi de 1.656 t/dia, o que representa 37,56% do Resíduo

Doméstico Urbano (RDO), um aumento de 78% em relação aos últimos vinte e dois anos (1987-2009) (SALVADOR, 2009, p.8).

Tabela 17. Demonstrativo dos Pontos de RCC por Núcleo de Limpeza (1996-2007)

NÚCLEO DE LIMPEZA (NL)	PONTOS DE RCC								
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2004	2007
NL I- Centro	74	10	12	08	01	21	19	20	61
NL II-Itapagipe	67	19	06	04	08	08	28	21	33
NL III – São Caetano	17	23	13	11	16	17	33	35	40
NL IV- Barra	23	39	25	01	20	23	23	40	32
NL V- Liberdade	63	36	16	10	19	13	13	30	58
NL VI-Ondina	10	11	06	08	06	05	08	12	07
NL VII-Rio Vermelho	41	27	17	05	37	18	23	24	55
NL VIII –Pituba	09	06	03	04	04	04	03	03	04
NL IX- Boca do Rio	06	10	10	02	15	07	16	38	29
NL X-Itapuã	12	07	07	02	13	08	15	41	58
NL XI- Cabula	03	01	01	17	05	05	06	12	45
NL XII- Tancredo Neves	07	08	05	05	05	07	05	25	35
NL XIII- Pau da Lima	07	07	01	13	07	07	07	34	39
NL XIV-Cajazeiras	04	02	05	11	07	07	08	22	18
NL XV-Valéria	06	04	02	04	05	04	18	18	-
NLXVI-Subúrbio Ferroviário	71	10	11	05	02	02	55	13	47
TOTAL	420	220	140	110	170	156	280	388	561

Nota: Grifos em cinza identificam os NL com maior crescimento em relação a 1998

FONTE: conforme GEROPs/DIROP em SALVADOR (2009)

Na Tabela 17, os NL das regiões de São Caetano, Barra, Rio Vermelho, Boca do Rio e Itapuã não se comportaram exclusivamente com decréscimo até o ano de 2000. Todos os outros 11 núcleos mantiveram queda significativa da disposição irregular, apesar de não disporem de PDE.

O decréscimo dos pontos de disposição, nos NL, pode ser atribuído às campanhas educativas previstas pelo programa na forma de campanhas setoriais para conscientização da população nas áreas de abrangência de cada PDE, com utilização de carro de som, distribuição de folhetos e instalação de placas de sinalização proibitivas (SALVADOR, 2009).

Ainda na Tabela 17, é possível notar que, em 2007, os NL de São Caetano, Barra, Rio Vermelho, Boca do Rio, Itapuã, Cabula, Tancredo Neves, Pau da Lima e Cajazeiras ultrapassaram a quantidade de pontos de disposição irregular identificados em 1996. Esse comportamento indica que essas áreas estão em crescente expansão imobiliária, ordenada ou não. Carvalho e Pereira (2008, p.142) afirmam que a expansão urbana de Salvador, segue dois vetores distintos: o da Orla Atlântica Norte, (...) sentido Lauro de Freitas (...); e o do Miolo, área geograficamente central da cidade, entre a Avenida Paralela, a BR 324 e o subúrbio ferroviário.

O RCC coletado nos NL é pesado antes de destinar-se ao Aterro de Canabrava. Os grandes volumes recolhidos são separados e destinados ao Aterro Metropolitano, em virtude do encerramento das atividades do Aterro de Canabrava.

A coleta é feita diariamente nas 18 regiões administrativas estabelecidas pela Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia. Inexiste controle de quilometragem dos veículos que transportam o RCC, mas é admitido um percurso médio em torno de 15 km. Não há prévia inspeção, contudo a LIMPURB recomenda a separação entre RDO e RCC. As Figuras 89 e 90 mostram uma intenção da população em querer separar esses resíduos.



Figura 89. Disposição de RCC – Salvador (Rio Vermelho).



Figura 90. Disposição de RCC – Salvador (Vale da Muriçoca).

As regiões administrativas apresentam uma média de 31 pontos de disposição irregulares que são limpos rotineiramente pelo poder público. No que se refere à saúde pública, existe condição favorável a proliferação de vetores, bem como obstrução dos sistemas de drenagem, contribuindo com enchentes nos períodos chuvosos.

Punições às disposições irregulares estão previstas, entretanto, a descontinuidade da GRCC incentiva o comportamento do pequeno gerador de dispor RCC em via pública regularmente. Por esse motivo, a LIMPURB só consegue aplicar punições aos grandes geradores.

Em 2009, os PDEs funcionaram de forma precária. No período da pesquisa, o que possuía melhores condições de recebimento de resíduo localizava-se na região do NL do Itaipara.

As Figuras 91 e 92 mostram o PDE do NL 07 à Rua Sérgio de Carvalho – Vale da Muriçoca. A população continua a fazer uso do local para destinação dos RCC, apesar da ausência de isolamento, água e energia elétrica. Os limites do PDE atualmente confundem-se com a área de um “Lava Jato” instalado na parte posterior do terreno. Informações

disponibilizadas por usuários do PDE confirmam a existência dos funcionários durante a semana, no turno matutino e vespertino.



Figura 91. PDE (NL 07) Rua Sérgio de Carvalho (Vale da Muriçoca - fev. 2010).



Figura 92. PDE (NL 07) Rua Sérgio de Carvalho (Vale da Muriçoca - fev. 2010).

As Figuras 93 e 94 mostram a região do Itaigara, onde o PDE funciona de domingo a domingo, das 7h às 17h. Na véspera da visita, o PDE foi saqueado e o local foi utilizado para pernoite. O funcionário relatou que essa é uma prática comum, pois inexistente vigilância noturna. Nesse PDE, regularmente são retirados metais, madeira, placas cerâmicas e papelão por pessoas que atuam como catadores de resíduos.



Figura 93. PDE (NL 08) Rua Wanderley de Pinto (Itaigara - fev. 2010).



Figura 94. PDE (NL 08) Rua Wanderley de Pinto (Itaigara - fev. 2010).

O PDE situado no nordeste de Amaralina foi excluído da visita em virtude ausência de segurança para acesso. O PDE da Av. San Martin foi localizado depois de insistentes conversas com antigos moradores e está desativado, conforme as Figuras 95 e 96.



Figura 95. PDE (NL 04) Av. San Martin (acesso pela Rua do Forno. out. 2010).



Figura 96. PDE (NL 04) Av. San Martin (acesso pela Rua do Forno. Out. 2010).

As Figura 97 e 98 mostram os efeitos da descontinuidade da GRCC na cidade de Salvador. As imagens foram feitas na região do Rio Vermelho, NL VII. Nesse local, em particular, as atividades de disposição ocorrem em maior intensidade no período da tarde e a remoção se dá pela manhã até no máximo às 12h, segundo os moradores.



Figura 97. Disposição de RCC em via pública.



Figura 98. Serviço de Limpeza Pública - coleta de RCC.

O relevo acentuado e a urbanização desordenada impedem o acesso às caçambas estacionárias, bem como a acondicionadores, fato que disciplinou o gerador a ter que levar o RDO e o RCC até pontos de acesso de veículos de coleta pública. Isso favorece a participação popular na limpeza pública, como constatado entre 1998 a 2003, conforme a Figura 99.

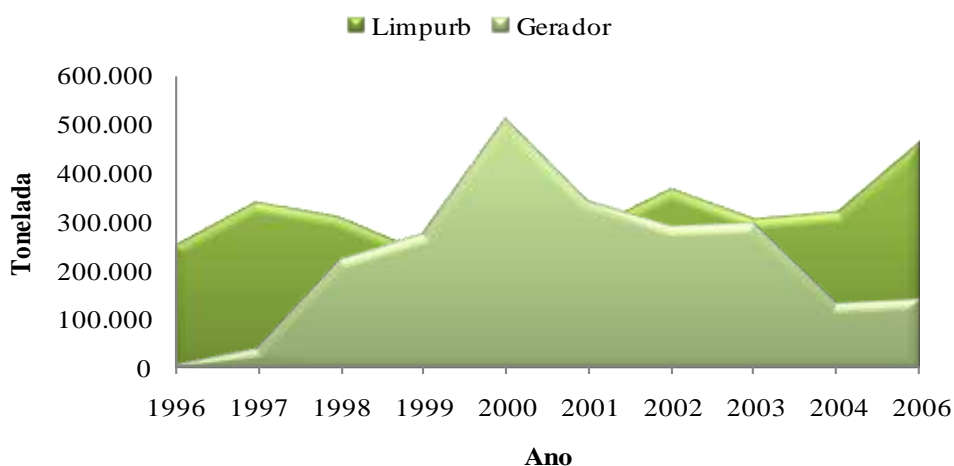


Figura 99. Participação do Pequeno Gerador para Disposição nos PDE.
Fonte: SALVADOR (2009)

Com relação ao grande gerador, a LIMPURB tem notificado as empresas de construção do município para disporem o RCC no Aterro de inertes privado da empresa REVITA, na BR 324 km 9, em funcionamento desde novembro de 2009.

A prefeitura pretende que o Aterro Metropolitano receba os resíduos industriais, que o Aterro de Canabrava continue a receber apenas os resíduos de poda e jardinagem e que

o RCC seja destinado à REVITA. Entretanto, não há previsão de prazo para implementação da proposta.

O Quadro 14 traz a relação das empresas que atuam no mercado de Salvador. 18 delas possuem cadastro regular na LIMPURB, enquanto as outras 21 foram encontradas em catálogo telefônico e nas listas eletrônicas da internet. A relação inclui somente as empresas de transportes com veículos tipo poliguindaste, containers e caçambas truck (APÊNDICE - F). Em janeiro de 2010, a LIMPURB informou o quantitativo de 68 veículos poliguindastes cadastrados pelas 18 empresas.

Ordem	Empresa	LIMPURB	Ordem	Empresa	LIMPURB
1	100 ENTULHO	Sem cadastro	20	MAC ENTULHO	Regular
2	ADEUS ENTULHO	Sem cadastro	21	MANOS PEGA ENTULHO	Sem cadastro
3	AJF ENTULHO	Regular	22	MJF COMÉRCIO	Sem cadastro
4	ALÔ ENTULHO	Sem cadastro	23	NOVO RUMO ENTULHO	Regular
5	AMARAL COLETA	Sem cadastro	24	O COLIGADO ENTULHO	Regular
6	AMBIENTAL SERVIÇOS	Sem cadastro	25	PAPA ENTULHO	Sem cadastro
7	ANCLA ENTULHO	Regular	26	PEGA ENTULHO	Regular
8	ENTULHO EXPRESS	Sem cadastro	27	RETIRA ENTULHO	Sem cadastro
9	DINAMO	Regular	28	ROCHA RODRIGUES ENGENHARIA	Sem cadastro
10	DISK ENTULHO	Regular	29	SAPUCAIA ENTULHO	Regular
11	DMJ	Sem cadastro	30	SO ENTULHO	Regular
12	IMA ENTULHO	Regular	31	SOS ENTULHO	Regular
13	ITAPARICA ENTULHO	Regular	32	TRANSPINHEIRO	Sem cadastro
14	JLD	Sem cadastro	33	TRANSWASH SOLUÇÕES AMBIENTAIS	Sem cadastro
15	JOSENILSON	Sem cadastro	34	TIRA ENTULHO	Regular
16	JM ENTULHO	Sem cadastro	35	UNIÃO ENTULHO	Sem cadastro
17	LIGUE ENTULHO	Sem cadastro	36	UNIÃO SERVICOM	Sem cadastro
18	LIMPA ENTULHO	Regular	37	XÔ ENTULHO	Regular
19	M ANDRADE ENTULHO	Regular	38	TIRA ENTULHO	Regular

Quadro 14. Empresas de Transporte de RCC em Salvador
Fonte: SALVADOR (2010); Lista eletrônica web (2010)

A remoção do RCC em Salvador pelas empresas cadastradas pode ser feita mediante contato telefônico. O pagamento é feito diretamente ao auxiliar do motorista e o prazo de estacionamento das caçambas em via pública é de 48 horas, sendo cobrado um adicional entre R\$ 10,00 a R\$ 15,00 para cada 24 horas excedentes. O valor para

disponibilidade da caçamba com capacidade entre 4 e 4,5m³ oscila entre R\$ 140,00 a R\$ 150,00²⁴. Para coleta das informações, foi necessária a identificação como pessoa interessada na prestação dos serviços.

Nessa condição, não houve menção à restrição do resíduo a armazenar nas caçambas, tampouco a necessidade de quaisquer informações sobre a existência de licenciamento da obra (construção, reforma ou demolição). A única ressalva, feita por uma das empresas consultadas, foi sobre a existência de local na via pública para deixar a caçamba, pois a população está começando a acionar a Superintendência de Trânsito e Transporte do Salvador (SET) quando se sentem incomodadas pela localização das caçambas estacionárias, que podem comprometer o trânsito de pedestres.

O controle da geração do RCC, realizado pela LIMPURB, nas obras com autorização para construção, reforma, alteração e demolição expedidas pela Superintendência de Controle e Ordenamento do Uso do Solo do Município (SUCOM), ocorre através do “Atestado de Viabilidade da Coleta de Resíduos”, conforme Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção e Demolição (PGRCD²⁵) encaminhado pelos responsáveis legais e técnicos do empreendimento.

A partir dos dados informados pelo PGRCC arquivados na LIMPURB, foi possível a construção da Figura 100. No período de janeiro de 2009 a dezembro de 2010, foram licenciadas 160 obras no município do Salvador. Delas, 31,25% foram obras de demolição que declararam volumes de RCC pouco menores que os representados pelas obras de construção, que perfazem 54,37% das licenças.

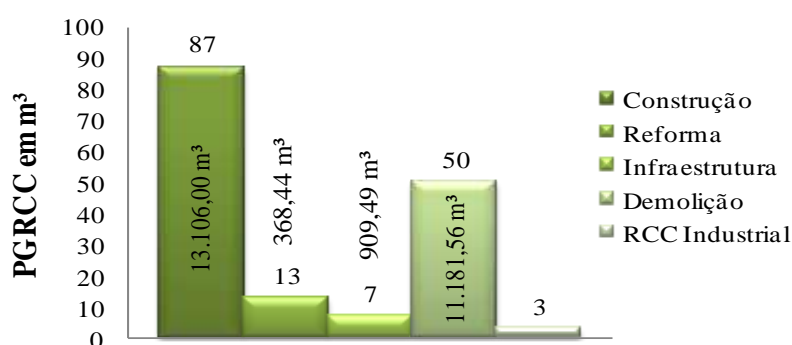


Figura 100. Tipologia das Obras x Geração de RCC (2009 – 2010).

²⁴ Valores coletados em outubro de 2010. Como forma de ampliação da capacidade de armazenagem das caçambas é comum a utilização de tábuas laterais e na parte posterior, nestes casos são transportados até 5 m³.

²⁵ Que deste momento em diante será identificado como PGRCC (Projeto de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil) por assim estar identificado na Resolução CONAMA nº 307/2002.

Esse dado confirma a tendência da modernização da cidade através da desconstrução, na medida em que um estímulo legal foi concedido em 2008 com a revisão do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano do Município do Salvador (PDDU), possibilitando alterações em áreas antes restritas a verticalização.

“A expansão da metrópole ocorre de dois modos principais. De um lado temos a intensificação do processo de verticalização de áreas da cidade moderna²⁶ e de áreas consolidadas da cidade precária²⁷. (...) O resultado será a extensão do processo de adensamento e verticalização, hoje em curso em áreas como Pituba e ao longo da orla até Itapuã” (CARVALHO e PEREIRA, 2008, p. 154).

A indústria da construção civil em Salvador contará com um período atípico de crescimento até o ano de 2016, prazo em que o Brasil terá sediado três eventos desportivos mundiais que utilizarão a infraestrutura das cidades na forma de novos hotéis, transportes de massa, complexos esportivos modernos e eficientes para o público.

Esse intervalo de tempo de pouco mais de 5 anos trará melhoria das condições de vida urbana pela modernização e ampliação de estruturas aprovadas pelos organizadores dos eventos. Entretanto, são decisões que desfavorecem o aproveitamento da maior parte do potencial mineral vindo das obras de demolição, a exemplo do Estádio da Fonte Nova e do Clube Espanhol.

O desperdício mineral que ocorre, independente do volume, deve ser imputado ao gerador e a todos os envolvidos na cadeia da reciclagem do RCC. Nesse aspecto, separar os geradores na categoria de pequeno ou grande contribui negativamente para o aproveitamento do RCC em usinas.

À usina em operação, é indispensável o recebimento de um RCC triado, não importando isoladamente o volume gerado. Assim os geradores devem ser considerados como favorecedores as boas condições de produção das usinas, desde que em conformidade com as diretrizes da GRCC. Nesse particular, deixam de ter validade as práticas construtivas que

²⁶ São ocupadas por habitações cujo acesso se dá pelo mercado formal, que obedecem às disposições urbanísticas municipais no que diz respeito à edificação e uso do solo.

²⁷ Predomina a informalidade, em termos de padrões urbanísticos e de mercado, assim como a precariedade em termos habitacionais, particularmente no Subúrbio Ferroviário.

atendem a cronogramas executivos que privilegiam etapas construtivas em detrimento da adequada segregação.

4.2.2 Projeto da usina de reciclagem de RCC da cidade de Salvador

A segunda fase do Programa da Gestão Diferenciada de Salvador compreende a implantação dos procedimentos relacionados à reciclagem do RCC. As atividades destinadas as BDEs de Porto Seco e de Canabrava são divididas em recepção e classificação do RCC, descontaminação, britagem e peneiramento, expedição e armazenagem provisória do produto reciclado. Na fábrica de componentes de concreto de Canabrava, está prevista a recepção e armazenagem do agregado reciclado (matéria prima), a produção do concreto, a fabricação de componentes, a armazenagem provisória e a expedição deles (SALVADOR, 1999).

O adequado aproveitamento do RCC ocorre dentro da fase construtiva que o gerou. Assim é conveniente que concretos estruturais se destinem a concretos reciclados, alvenarias como novos elementos de vedação e argamassas recicladas. No entanto, é indispensável o controle do RCC encaminhado aos PDEs e BDEs, garantindo a segregação e a menor variabilidade mineral. O recebimento indiscriminado nos PDEs torna os BDEs reféns de um RCC de origem e qualidade questionável.

A localização geográfica da geração do RCC sugere um cuidado adicional com as condições de acompanhamento da contaminação por contato, a exemplo da exposição das construções da orla marítima de Salvador, reduzindo as possibilidades de aproveitamento do agregado reciclado. A qualidade do RCC encaminhado às BDEs é importante como fator de confiabilidade para o produto reciclado, interferindo nos critérios de aceitação e comercialização futura.

A BDE prevista para Porto Seco limita-se com a sede da LIMPURB na via marginal BR 324 - km 8,5, no bairro Porto Seco. O terreno da implantação possui 9.209,50 m² de área para reciclagem e 3.400 m² destinados à fábrica de pré-moldados em setor vizinho. A área total da BDE compreende 12.609,50 m², nos quais não foram previstas instalações de depósito, oficina e refeitório, já disponíveis na sede da LIMPURB.

O projeto da BDE determina a britagem a céu aberto, com a contenção dos ruídos e emissão de partículas finas. A produtividade mínima prevista é de 30 t/h ou 195 t/dia para

um RCC de dureza²⁸ entre 4 e 5, em 6,5 horas/dia de atividade; a capacidade nominal do britador é de 40 t/h, que pode beneficiar até 260 t/dia.

O núcleo de reciclagem compreende alimentador, britador de impacto com diâmetro inferior a 60 mm, eletroímã manual, peneira com três decks (25,4 mm – 9,52 mm – 4,8 mm), transportadores de correia, sistema de aspersores e mantas de borracha de 3/8”.

O projeto prevê entrada com guarita e balança; núcleo de reciclagem; rampa de acesso ao núcleo de reciclagem e muro de arrimo; escritório com banheiro e varanda coberta; vestiário com banheiro; área coberta para observação da reciclagem; instalações para fornecimento de água, energia e telefonia; e cerca viva.




As diretrizes estabelecidas para a BDE estabelecem a produção de agregados reciclados para pavimentação, cobertura de células em aterros sanitários, concreto, componentes de concreto, argamassa, rip-rap²⁹ para serviços de contenção e enchimento de valas. A terminologia prevista é brita corrida, brita 01, pedrisco e areia, sendo os três últimos o material com maior controle de produção.

A operação deve atender a dois condicionantes: o material deve ter qualidade adequada aos serviços propostos; e a unidade deve operar com critérios de segurança, obedecendo à minimização dos impactos ambientais vindos da operação.

Por princípio de projeto, sempre serão aceitos os volumes de RCC, devendo a BDE adequar a capacidade de produção às demandas recebidas, a partir da alteração do intervalo de operação do sistema de britamento.

A estocagem prevê as áreas e volumes apresentados na Tabela 18.

Tabela 18. Estocagem mínima de Agregado Reciclado - BDE – Porto Seco.

Produto	Estocagem		Observação	Produção
	m ³	tonelada		
Agregado reciclado tipo “a” e “b”	1.250	1900	Na leira (giro de 139°)	7,3 dias
	720	1080 t	Na pilha	
Agregado reciclado tipo “c”	180		Areia	4,2 dias
	48		Pedrisco	1,6 dias
	48		Brita 1	

Fonte: (SALVADOR, 1999, p.17)

²⁸ (Mineralogia) - Resistência que a superfície de um mineral oferece ao ser riscada. Uma escala de dureza relativa é conhecida como Escala de Mohs, que estabelece os seguintes graus de dureza : 1- talco, 2- gipsita, 3- calcita, 4- fluorita, 5- apatita, 6-ortoclásio, 7-quartzo, 8-topázio, 9- córindon e 10-diamante (MINEROPAR, 2010).

²⁹ Rip-rap é uma camada relativamente fina e comprida, aproximadamente equidimensional, de rochas e fragmentos de rochas duráveis, posicionadas em colchões para dissipar a energia da água e proteger taludes, bancos de canais ou de praias da erosão causadas pela ação do runoff, correntes, ondas ou gelo. Fonte: <http://www.scribd.com/doc/30411565/Rip-Rap>

Com relação à qualidade do produto gerado, é previsto o controle do teor de contaminantes no agregado reciclado através do monitoramento da relação entre RCC/Resíduos retirados da BDE. Está previsto o controle da composição do agregado reciclado, o controle da homogeneização dos resíduos durante a descarga e alimentação do britador.

As necessidades da cidade de Salvador quanto à GRCC apontam para a reestruturação do programa já iniciado. A 2ª fase do programa merece cuidadosa avaliação para o adequado aproveitamento ambiental do produto reciclado, favorecendo a inserção dele no mercado consumidor em Salvador. A partir de políticas públicas continuadas, é possível melhorar a relação entre investimentos financeiros, ganho social e ambiental.

O mercado de materiais de construção, na pessoa do consumidor, tende a procurar qualidade no produto adquirido, gradativamente devendo encaminhar-se para a utilização de materiais ambientalmente menos agressivos.

Os requisitos técnicos do agregado reciclado relativos à empregabilidade estão ligados à eficiência da GRCC municipal. A manter-se a atual proposta de aceitação irrestrita do RCC, existe condição favorável a presença de contaminantes na BDE, resultando em:

- a) elevação do custo de produção para limpeza e descontaminação;
- b) desconfiança quanto à qualidade do produto;
- c) percentuais de contaminação elevados, pouco recomendáveis e inseguros para a saúde, mesmo quando utilizados em subprodutos não estruturais.

O desafio é viabilizar a produção de um agregado reciclado de reconhecida aplicabilidade, com adequado aproveitamento dos minerais hoje dispostos inadequadamente.

4.2.3 Geração de RCC na Cidade do Salvador

A construção civil em Salvador está favorecida pelas obras que devem se realizar para que a cidade possa sediar os eventos esportivos de 2013, 2014 e 2016. Em todo o país, existem obras de infraestrutura que estão gerando RCC.

O Projeto de Gerenciamento de RCC da Nova Fonte Nova discrimina a geração de 29.000m² de RCC de concreto, 5.000m³ de RCC de alvenaria e 1.000m³ de outros resíduos que estão sendo reciclados e retirados do canteiro em caminhões truck. A Fazenda Rosário, no município de Candeias, é a área licenciada para disposição final de parte do RCC demolido. As Figuras 101 e 102 mostram a lateral oeste do canteiro da obra no intervalo de 30 dias.



Figura101. Canteiro da Arena Fonte Nova em 15/09 às 15h e 27min.



Figura 102. Canteiro da Arena Fonte Nova em 18/10 às 17h 45min.

Excluindo-se o RCC da demolição do Estádio Fonte Nova, os dados da LIMPURB referentes ao PGRCC das obras licenciadas mostram o crescimento da geração, conforme Figura 103. Os valores informados a LIMPURB foram separados por período, tipo de obra, volume estimado declarado, área total, número de empregados. As obras de escavação, urbanismo e empreendimentos populares foram quantificadas separadamente como forma de garantir que a incidência do volume total declarado pelo gerador esteja restrito ao período entre 2009 a 2010.

Os valores da Figura 103 refletem situações distintas. A primeira indica investimentos em atividades da construção civil que geram RCC, dentro do universo formal. A segunda indica o crescimento das disposições regulares, entendendo-se que essa tendência do gerador a pagar para dispor pode ser justificada pelo aumento da fiscalização exercida pela LIMPURB sobre os grandes geradores e as empresas transportadoras cadastradas.

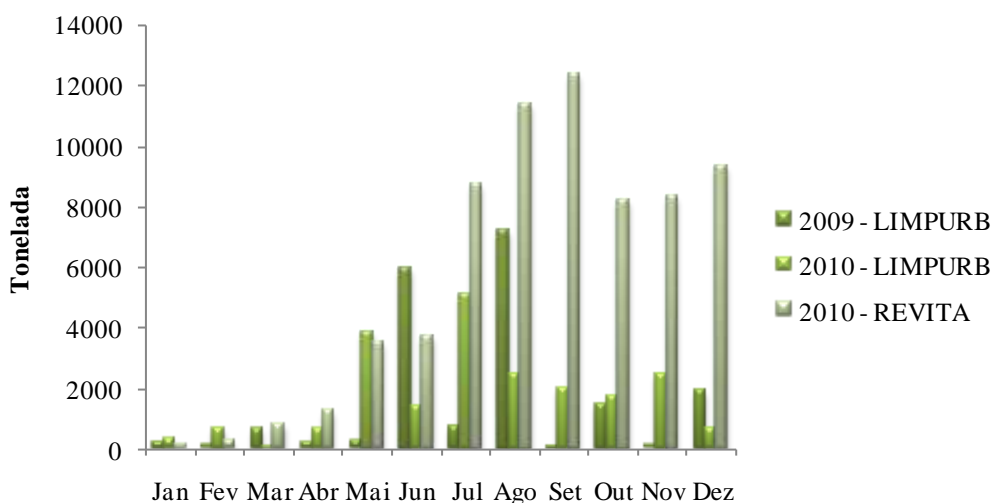


Figura 103. Estimativa de Geração de RCC em Salvador.

Os valores retratam a disposição momentânea, pois o cronograma de geração do RCC não é anexado ao atestado de viabilidade. Assim não foi possível estabelecer o fluxo das

disposições, tampouco prever o período de incidência da geração que permita planejamento de beneficiamento prolongado. Entretanto, os dados indicam uma concentração da geração no período de junho a dezembro. Entre janeiro a maio, os dados permitem indicar uma redução da atividade de geração, conforme a Figura 104, construída com os valores da Figura 103.

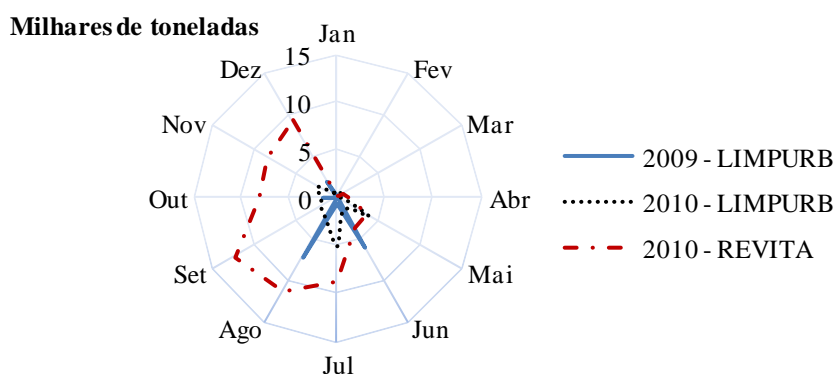


Figura 104. Distribuição da geração de RCC em Salvador

A Figura indica que, na cidade de Salvador, no período de 24 meses consecutivos, predominou a geração de RCC no segundo semestre de cada ano. Indiretamente, os dados refletem o consumo de recursos naturais, nesse caso indicando também o período mais favorável à fiscalização por parte do poder público quanto às extrações clandestinas.

Para a LIMPURB, indica os meses de maior fiscalização da disposição irregular na malha urbana, sugerindo que o controle sobre os projetos de GRCC no primeiro semestre se dê com maior rigor.

No que se refere à produção das usinas de reciclagem, os dados mostram um desequilíbrio de fornecimento da matéria prima ao longo do ano. A produção das usinas deve ser flexível para permitir continuidade do beneficiamento. Entretanto, as áreas de armazenagem do RCC são pontos críticos que podem desfavorecer a produção pelo seu esgotamento.

O dimensionamento dessas áreas deve ser feito tendo por referência os períodos de maior geração, sendo importante a avaliação desse desequilíbrio por um período maior de tempo de modo que seja possível relacionar fatores determinantes e um limite de aceitação de RCC diário nas usinas que também sirva como indicador da geração e do seu necessário controle.

Quanto à operação, as usinas devem ter planos que se adéquem aos períodos de menor produção, programando as atividades de manutenção e a redução das horas de atividade como forma de economia nesses períodos. O estudo mais aprofundado sobre o RCC de maneira a determinar a gravimetria e o comportamento urbano sobre a geração favorece a operação das usinas e o sucesso da produção do agregado reciclado.

Na Tabela 19, são apresentados os valores da geração de RCC na cidade de Salvador, bem como as fontes e unidades utilizadas para conversão.

Tabela 19. Estimativa da Geração de RCC em Salvador entre 2009 a 2010

Ordem	Fonte do Dado	Setor	Variáveis	Base de Cálculo		
				Considerações	Quantidade	RCC (Tonelada/dia)
01	LIMPURB GRCC	Público	Quantidade coletada (Tonelada /dia)		1.737,83	1.737,83
02	LIMPURB PGRCC	Privado	Volume declarado (m ³ /dia)	1m ³ = 1345 kg (LIMPURB, 1999)	1.525,40	2.051,66
03	REVITA Disposição Final	Privado	Quantidade disposta (Tonelada/dia)	Valores de Março a Dezembro (2010)	218,10	218,10
04	LIMPURB PGRCC	Privado	Área total construída declarada (m ²)	1m ² = 150 kg	3.648.633,12	2.280,39
05	LIMPURB Potencial de transporte	Privado	Veículos Poliguindaste (Unidade)	Coleta de 2caixas de 5m ³ por veículo uma vez ao dia.	68	874,25
06	SNIS Diagnóstico Manejo RSU	Público	Per capita (kg/hab./dia)	Valor para cidades entre 1 a 3 milhões de habitantes	0,255	637,50

Nota: 13.195,95t constantes no PGRCC foram enviadas a REVITA, valor que equivale a 65,97 toneladas/dia de março a dezembro de 2010, debitados do valor REVITA para composição de **C**, **D** e **E**.

Com base nos valores acima foi possível estimar a geração de RCC no município do Salvador mediante a composição de valores apresentada na Tabela 20.

Tabela 20. Geração de RCC em Salvador (2009 – 2010).

Composição	Setor	RCC (t/dia)
A ∑ 01 e 04	Público e Privado	4.018,22
B ∑ 01, 02 e 05	Público e Privado	4.663,74
C ∑ 01,02, 03 e 05	Público e Privado	4.881,84
D ∑ 01, 03 e 04	Público e Privado	4.236,32
E ∑ 01, 02 e 03	Público e Privado	4.007,59
GRCC	Público	1.737,83
REVITA	Privado	218,10
SNIS*	Público	764,50

*população IBGE/Cidades estimada em 2.998.056 hab. em 2009

Na composição **A**, estão incluídas as obras do PGRCC, entretanto, nem todos os Atestados de Viabilidade têm declarado o total de área construída, sobretudo das obras de demolição. A Figura 105 mostra o quantitativo de obras sem área declarada. Assim, o valor expresso no item **A** não inclui cerca de 42% das obras de demolição licenciadas no município, no período.

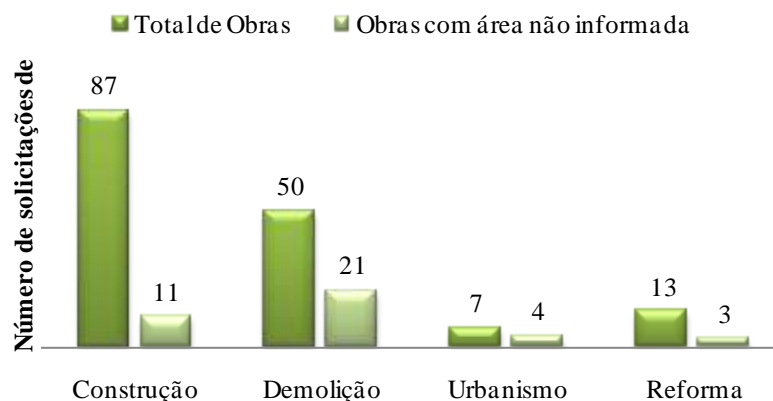


Figura 105. Quantitativo de obras do PGRCC sem informação da área total construída.

No que se refere ao potencial de transporte de RCC considerado na composição do valor **B**, ele é aceitável se comparado ao número de empresas não cadastradas e atuantes no município, sugerindo que existe demanda de transporte significativamente superiores ao universo formal apresentado na Figura 106. Assim sendo, se considerou que as empresas cadastradas retiram da malha urbana um volume mínimo correspondente a 10m³ (duas caixas estacionárias) por veículo poliguindaste cadastrado ao dia.

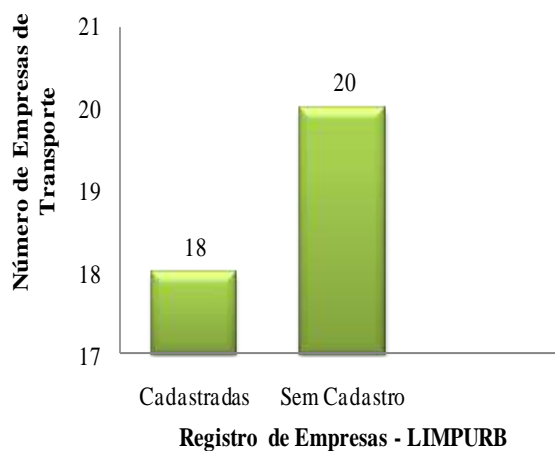


Figura 106. Empresas de Transporte de RCC em Salvador.
Fonte: SALVADOR (2009) e Lista eletrônica (2010).

A diferença entre os valores **B** e **C** é atribuída à disposição em massa feita na REVITA, que pode significar um discreto interesse do gerador individual em enviar o RCC ao aterro de inertes.

O valor **D** apresenta queda em função das áreas não declaradas, mas que geram RCC. A composição de **E** tem pertinência por considerar a geração declarada em m³, entretanto, cabe ressaltar que mesmo esses valores podem estar fora dos indicadores de geração estimada em concepções da engenharia civil.

Os valores que compõem a disposição na REVITA desconsideram o intervalo de meses entre dezembro de 2009 a fevereiro de 2010, período inicial das atividades, que corresponde a 1,91% da massa de RCC acumulada até dezembro de 2010.

O valor obtido pela referência SNIS, para faixa per capita das cidades entre 1 a 3 milhões de habitantes, revela a existência de dificuldade do poder público em modelar a realidade da geração do RCC no meio urbano das grandes cidades brasileiras, em relação ao valor médio disposto pela LIMPURB (GRCC) no Aterro Canabrava no período de janeiro de 2009 a dezembro de 2010 que foi de 1.737,83 t/dia.

A Figura 107 mostra as composições formuladas. A estimativa de geração de RCC na Cidade do Salvador é de 4.772,79 t/dia referente à média aritmética entre os valores **B** e **C** para o intervalo entre janeiro de 2009 a dezembro de 2010, excluindo-se a demolição do Estádio da Fonte Nova por ser uma ocorrência atípica.

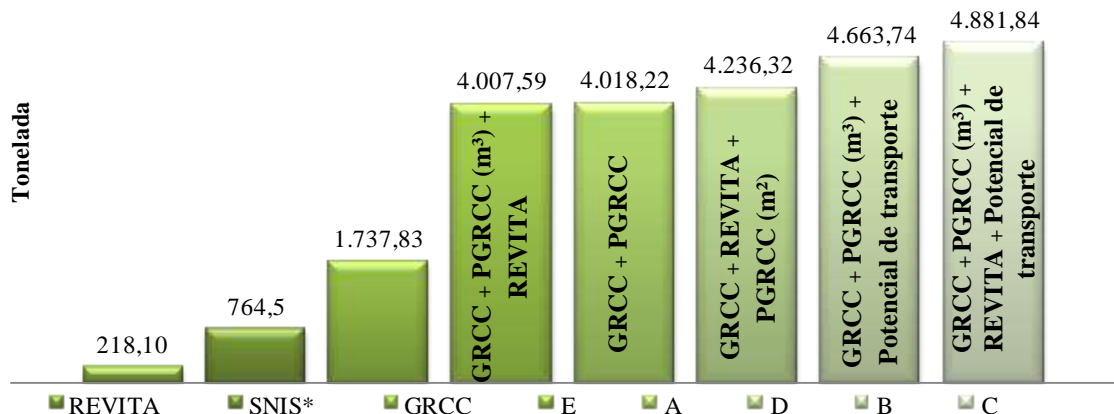
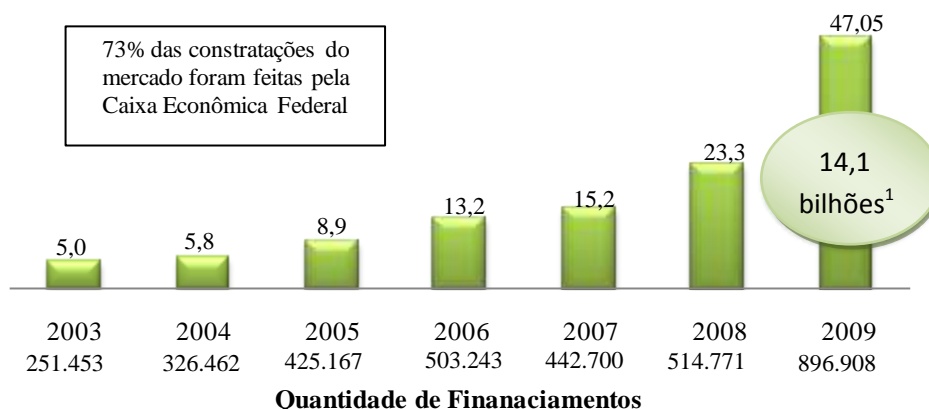


Figura 107. Estimativa de geração de RCC em Salvador.

4.2.4 Consumo de agregado natural em Salvador

Nesta seção, é apresentado o potencial do consumo agregado natural na Cidade do Salvador e sua Região Metropolitana, bem como suas reservas mediante o prognóstico de acentuada atividade da construção civil perceptível para os próximos.

Os investimentos em financiamentos habitacionais apresentam, desde 2007, acentuado crescimento, conforme a Figura 108. Em 2008, as habitações populares tiveram investimentos financeiros 69,4% maiores que os feitos em 2007 (VASCONCELOS, MENDES, 2010, p 10). Em 2009, foram investidos R\$ 14,1 bilhões de reais em financiamentos habitacionais que também incluíram a linha de crédito para aquisição de materiais de construção, requerendo profissionais qualificados e organização pública local para acompanhamento das demandas construtivas de consumo e que provocaram geração de RCC.



¹ Programa Minha Casa Minha Vida, com um total de 275.528 unidades habitacionais em 2009. Inclui valores com Material de Construção e Consórcio. Valores em 31 de dezembro de 2009.

Figura 108. Evolução dos Financiamentos Habitacionais no Brasil.

Fonte: CAIXA (2010) conforme FURLETTI (2010)

Com relação ao consumo, os agregados naturais (areias e britas) estão dentre os materiais mais fáceis de adquirir e a eles não é dado cuidado especial para manejo, acondicionamento e descarte. O crescimento dos investimentos habitacionais pressiona também o mercado extrativista, que, além de fornecedor de matéria prima essencial à construção civil, provoca o esgotamento das jazidas pela extração predatória.

O consumo de agregado na construção é da ordem de 6 a 10 t/ habitante/ano na Europa, e de 8 t/ habitante/ ano, nos EUA. No Brasil, a Região Metropolitana de São Paulo

apresenta consumo de 4,2 t/ habitante/ ano (CALAES, 2009, p. 49). Na Região Metropolitana de Salvador, estima-se uma produção anual de areia da ordem de 0,8 milhões de m³ (1,2 milhões de t), e de 2,16 milhões t/ano de brita (GONÇALVES, MOREIRA, BORGES 2008, p.15). Esses valores refletem consumos da ordem de 0,4 t/habitante/ano e de 0,7 t/habitante/ano para areia e brita respectivamente, indicando um baixo consumo diante da média brasileira.

Em 2009, as pedreiras comercializaram para a cidade de Salvador um volume de 1.488.443,070m³ ou o equivalente a 2.352.573.579t entre gabiões, matacão, britas de várias granulometrias e areia industrial. Esses dados foram obtidos na Secretaria da Fazenda do Estado da Bahia (SEFAZ-BA), tendo como universo as empresas construtoras e indústrias de pré-moldados. O valor corresponde a 0,784 t/habitante³⁰/ano, indicando crescimento da atividade extrativa em relação a 2008.

Ainda segundo o levantamento da SEFAZ-BA, as indústrias construtoras e de pré-fabricados consumiram 1.137.744,47 toneladas de cimento, distribuídos na forma de 17.996.438 sacos cimento com 50 kg e 237.922,57 toneladas a granel. A considerar a proporção usual entre cimento e areia na razão de 1:3, é possível apontar que, em 2009, o consumo de areia em Salvador foi da ordem de 3.413.233,41 toneladas, o que corresponde a 1,138 t/habitante/ano ou ainda a 284.436,11 t/mês. A Figura 109 apresenta a diferença de consumo em Salvador.



Figura 109. Consumo de areia per capita. Fonte: CALAES (2009, p. 49); GONÇALVES, MOREIRA, BORGES (2008, p.15); SEFAZ-BA (2010)

Mesmo assim, Salvador possui valores abaixo da média per capita brasileira, indicando uma crescente informalidade na extração das areias. Isso se justifica pela queda da

³⁰ População em 2009 de 2.998.056 habitantes, disponível em <http://www.ibge.gov.br/cidadesat> para o município do Salvador, acesso em 02/10/2010 às 8h 05min.

arrecadação do ICMS detectada entre 2008 e 2009, que respectivamente foi de R\$ 537.931,80 e R\$ 142.495,69. Esse decréscimo de 26,49% do consumo de areia se contrapõe à expansão imobiliária para o mesmo período. Segundo ADEMI-BA (2010, p.11), a indústria imobiliária em 2009 cresceu 8,91% em relação a 2008, quando houve a comercialização de 14,7 mil unidades e 17 mil lançamentos.

No que diz respeito ao consumo de areia, Gonçalves, Moreira e Borges (2008, p.15) afirmam que os mineradores declaram um volume anual de produção muito menor do que o efetivamente lavrado e que 80% das areias brancas que atendem a região metropolitana são destinadas à fabricação de concreto. Dos problemas apresentados por essa depleção³¹, é possível afirmar que a vida útil das jazidas que atendem a cidade de Salvador é de cerca de 10 a 15 anos, a persistir a inadequada recuperação das áreas esgotadas, o que agrava os danos ambientais (GONÇALVES, MOREIRA e BORGES, 2008, p. 22). O levantamento do potencial das jazidas foi realizado a partir da delimitação detalhada das unidades, além de fotos aéreas e transcrição topográfica.

Salvador e sua Região Metropolitana têm como alternativas futuras as jazidas de areia em Catu – Alagoinhas, com reservas acima de 100 milhões de toneladas situadas a distâncias entre 80 km a 100 km (GONÇALVES, MOREIRA E BORGES, 2008, p.23). La Serna e Rezende (2010, p.615) afirmam que o preço final do transporte varia de 1/3 a 2/3 do valor pago pelo consumidor, conferindo um prognóstico pouco favorável quanto ao custo de aquisição. A proximidade da escassez acentuará tanto a clandestinidade nos processos de produção, transporte e comercialização quanto maiores os custos para o consumidor final forem.

Como desafios a superar, as sociedades consumidoras de recursos e produtoras de resíduos devem permitir interseções entre conceitos mais sustentáveis, atrelados ao desenvolvimento urbano, consolidando a necessidade de reuso e reciclagem dos RCC como regra.

A disponibilidade de recursos e reservas de agregado natural nas proximidades da cidade de Salvador deve estimular a racionalização dos métodos operacionais para poupar as jazidas pelo desenvolvimento de outras linhas de produtos para o mercado consumidor, sejam naturais, artificiais ou reciclados.

O mercado consumidor brasileiro de pedra britada entre 1990 a 2007 apresentou a seguinte distribuição: 70% da produção é destinada à mistura com cimento e 30% com asfalto

³¹ Referente a exaustão do potencial de serviços das reservas minerais.

betuminoso. Em 2007, a construção civil demandou 66% do consumo de rocha britada beneficiada, a construção/manutenção de estradas 15%, a pavimentação asfáltica 4% e os artefatos de cimento 3,5% (CAVALCANTI, 1990 conforme ALMEIDA, CHAVES, 2002, p.32; LA SERNA, REZENDE, 2010, p.8). A Figura 110 ilustra a distribuição.



Figura 110. Distribuição do consumo de brita por setor

Fonte: CAVALCANTI (1990) em ALMEIDA, CHAVES (2002, p.32); LA SERNA, REZENDE (2010, p.8)

Ferreira e Silva (2004, p. 5) afirmam que a segmentação do consumo de brita, em 2000, apresentou a seguinte distribuição: 40% em pavimentações e órgãos públicos, 17% em concreteiras, 16% em revendedoras e varejo, 15% em construtoras (edificações), 7% em indústria de pré-moldados, e os outros 5% em lastros, enrocamentos, gabiões.

Gonçalves, Moreira e Borges (2008, p. 47) estimam que a distribuição da brita comercializada na região metropolitana do Salvador se dê conforme Figura 111 a seguir.



Figura 111. Distribuição da Brita - Salvador. Fonte: Gonçalves, Moreira e Borges (2008)

Considerando a produção anual de 2,2 milhões de toneladas e uma recuperação de 80% das reservas lavráveis, a vida útil estimada é de 44 anos, não computadas as áreas adjacentes as jazidas (GONÇALVES, MOREIRA E BORGES, 2008, p.47). Entretanto, Calaes *et. al.* (2007, p. 684) chama atenção para os conflitos entre a produção de agregados e

a expansão urbana também existente em Salvador, a exemplo da Pedreira Valéria e a área residencial denominada Palestina, entre outras invasões pontuais.

O processamento comercial do RCC pode atenuar várias das pressões existentes nos centros urbanos e decorrentes da ausência de zelo pelo meio ambiente. No que se refere às areias para produção de concreto, Salvador é privilegiada pelo prognóstico de esgotamento de suas jazidas, impondo surgimento de novas linhas de agregados para manutenção da expectativa do intenso desenvolvimento urbano dos próximos anos.

A produção de finos a partir da redução de concretos em usinas de reciclagem de RCC deve apresentar-se como solução a curto espaço de tempo, sendo possível indicar que existe um potencial de consumo para areias recicladas que substituam as ‘brancas e amarelas’ na confecção de pré-moldados, concretos não estruturais e argamassas. A partir de novas diretrizes produtivas, é possível sugerir que o agregado reciclado em Salvador deva ser destinado a concretos estruturais com resistência a compressão de até 40 Mpa.

4.2.5 Síntese da GRCC em Salvador

A GRCC implantada em 1998 se apresentou como um marco importante que serviu de referência para diretrizes nacionais posteriores.

A descontinuidade de sua implantação coincide com a descontinuidade administrativa por que passaram os órgãos públicos. Como efeito disso, se reduziu o planejamento e execução dos projetos de gestão em andamento.

Os PDEs estão praticamente desativados e constatou-se a disposição de RCC nas proximidades das caixas coletoras de resíduo urbano, quadro que desfavorece o aproveitamento mesmo que para aterro em área de inertes. Esse comportamento fez crescer os pontos de disposição irregular na malha urbana.

A retomada da GRCC pode favorecer o controle das disposições irregulares, entretanto, o acentuado relevo do território e a previsão de localização dos PDEs permitem indicar que existe necessidade de redefinição e ampliação dos serviços de coleta pública gratuita desse resíduo em particular.

A GRCC praticada favorece a geração do RCC. Em Salvador, ela apresentou elevada descontinuidade em relação aos meses do ano, no período de 24 meses. Esse comportamento deve ser melhor avaliado, em um intervalo maior de tempo de modo, a fim de estabelecer as principais interferências produtivas nas usinas de reciclagem.

A produção do agregado reciclado apresenta-se favorável à substituição do natural através de uma GRCC que conheça as características do RCC, sua gravimetria sob efeito de diretrizes inibidoras, bem como a distribuição do seu fluxo durante o intervalo anual.

5. DIRETRIZES PARA A PRODUÇÃO DE AGREGADO RECICLADO

Este capítulo está dividido em duas seções. Na primeira, é apresentada a proposição às diretrizes para a produção do agregado reciclado em usinas de reciclagem de RCC subdividida em: a) Diretrizes legais e b) Diretrizes técnicas. A segunda seção destina-se às diretrizes para a produção de agregado reciclado para a cidade de Salvador, que estão subdivididas em: a) Gestão do Resíduo da Construção Civil, b) Implantação das usinas, c) Operação e d) Matéria prima, produto e resíduos.

5.1 DIRETRIZES PARA PRODUÇÃO DE AGREGADO RECICLADO EM USINAS DE RECICLAGEM DE RCC

a. Diretrizes Legais

No Brasil, a Política Nacional de Saneamento Básico tem princípios convergentes aos internacionais quanto à não geração. Apesar disso, o conjunto das diretrizes legais e técnicas deixa de inibir a geração de RCC. No cenário brasileiro, o foco da reciclagem está associado à redução. No entanto, o objetivo a alcançar deve ser a valorização do resíduo para o melhor aproveitamento mineral, atendendo aos aspectos econômicos, sociais e ambientais.

Quanto ao aspecto econômico, as diretrizes brasileiras devem garantir as práticas que favoreçam a pureza do RCC, permitindo a produção de um agregado reciclado de maior empregabilidade. O beneficiamento deve ainda ter um custo favorável à comercialização, contribuindo como inserção da linha desses produtos no mercado nacional, além dos agregados naturais. Desse modo, é possível indicar que o controle sobre as extrações e comercialização dos recursos naturais também favorece as usinas de reciclagem.

Nesse aspecto, as diretrizes internacionais estabelecem a elevação progressiva das taxas de disposição dos RCC como dispositivo favorável à prática da segregação em substâncias utilizáveis através para reuso ou reciclagem. Essas medidas conduzem a uma menor heterogeneidade do RCC além de inibir a geração e a disposição final.

Com relação à geração, o Brasil não impõe política de sanção econômica, pois os valores para disposição em aterros ou usinas de reciclagem não se opõem nem mesmo a junção de várias classes de RCC, inclusive com resíduos urbanos. A informalidade no setor da

construção (projeto e mão-de-obra) e transporte acentuam a geração desordenada, a não segregação e as disposições irregulares, que são beneficiadas pela insuficiência da fiscalização pública.

No que diz respeito aos aspectos sociais, as diretrizes brasileiras devem ser suficientes para onerar os setores que deixem de praticar princípios da não geração, reuso e reciclagem. Entretanto, pagar para dispor pode favorecer comportamentos agressivos que utilizam o poder econômico como suporte para as práticas não sustentáveis, ao mesmo tempo em que não garantem o consumo do agregado reciclado, menos ainda sua substituição aos recursos naturais.

A GRCC dos municípios brasileiros desfavorece o beneficiamento e o consumo de agregados reciclados através da possibilidade de transferência de RCC entre territórios para disposição final em aterros de inertes. A condição de transferência do RCC deve se dar para atender aos princípios de reuso e reciclagem, visando ao desenvolvimento econômico e social particularmente convergindo ao ganho ambiental.

As GRCC prevêm ainda a utilização de terras públicas degradadas para implantação de usinas, justificativa que fragiliza o processo de planejamento da instalação por deixar de privilegiar aspectos físicos do terreno que garantem condições de operação do empreendimento.

Outros comprometimentos podem ser destacados, a exemplo da necessidade das áreas para vias de acesso para tráfego de veículo pesado decorrente dos insumos. Em particular, a qualidade do solo é fundamental não só como suporte para o tráfego, mas também para se adequar a instalação dos equipamentos de britagem e sua concentração de carga pontual sem que haja investimentos para melhorias do solo. O arranjo físico, bem como a orientação e localização do núcleo de produção das usinas ficam limitados às condições e às áreas do terreno em detrimento de parâmetros técnicos recomendados e das necessidades futuras do empreendimento.

Para acentuar o aspecto ambiental da reciclagem, as diretrizes internacionais prevêm a valorização do agregado reciclado a partir da certificação do produto das usinas, assim como a obrigatoriedade da indústria de materiais de construção de incorporar o agregado reciclado como alternativa às demandas de substâncias naturais. Não se permite a discriminação dos produtos em naturais ou com composição de reciclados. Como resultado, se força o desenvolvimento de pesquisas e tecnologias para melhoria dos materiais de construção.

Ao atrelar a geração do RCC à valorização do produto reciclado, se impõe repensar a sequência construtiva, a execução e a necessidade do desmonte. Esses conceitos devem permitir a dissociação e reemprego de substâncias em condições favoráveis ao aproveitamento.

Nesse aspecto, a implantação de aterros de inertes, mediada por técnicas de disposição e compactação para garantir a utilização da área no futuro sem gerar riscos à saúde pública, reduz a empregabilidade do RCC, auxiliando a disposição de resíduo com gravimetria pouco conhecida, indicando que essas áreas no futuro terão sua utilização comprometida pela lixiviação natural de contaminantes. A longo prazo, é possível indicar que existe incerteza sobre a capacidade de suporte dos aterros e taludes formados, sugerindo limitações para utilização dessas áreas, bem como soluções onerosas relativas à estabilidade do solo, em função do porte do empreendimento.

Os aterros de inertes devem ser realizados exclusivamente a partir dos resíduos de solo e escavações quando comprovada a sua inércia. A partir dessa diretriz, os RCC – classe A (concreto, argamassas, alvenarias, cerâmicas e afins) se destinam ao reuso ou reciclagem.

Na Europa, os códigos de boas práticas recomendam a uniformização de procedimentos de reciclagem de modo a estabelecer confiabilidade a aplicação dos agregados reciclados, reconhecendo a existência de limitações quanto ao uso em concretos estruturais e às limitações das soluções diante de questões regionais.

A adoção de política semelhante no Brasil pode apresentar resultados desfavoráveis pela necessidade de fiscalização pública organizada e articulada entre as esferas de poder, sobretudo para as práticas que degradam o ambiente. Entretanto, possibilidades de sucesso devem surgir através do controle eficiente dos setores industriais cujos insumos elevam as demandas de recursos naturais.

O caminho brasileiro reside no controle do poder municipal sobre as disposições das Áreas de Triagem e Transbordo (ATT)³², das usinas de reciclagem de RCC e dos aterros de inertes. Relatórios de disposição indicando os geradores, volumes dos serviços prestados por gerador e contatos firmados podem ser confrontados com os licenciamentos para construção, reforma e demolições. Esses dados são suficientes para formação de um banco de dados que indique informalidade entre geradores e transportadores. Ao gerador e ao transportador, cabe a contraprova aos dados do poder público.

³² Área destinada ao recebimento de resíduos da construção civil e resíduos volumosos, para triagem, armazenamento temporário dos materiais segregados, eventual transformação e posterior remoção para destinação adequada, sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente.

O licenciamento das obras no município é o instrumento que interliga e pode controlar a GRCC e os recursos naturais consumidos, sobretudo pelos grandes empreendimentos.

O alvará de construção municipal deve dar início a todos os processos de licenciamento, inclusive nas esferas estadual e federal. Ao município, cabe a autorização final após outorga dos órgãos ambientais envolvidos, pois o poder público do território impactado deve responder pelas opções e efeitos advindos da sua expansão urbana.

O alvará de construção e o habite-se são instrumentos que, reformulados, podem indicar a geração do RCC, além de informações sobre a realidade e evolução das redes urbanas, suas necessidades e seus direcionamentos.

b. Diretrizes Técnicas

Produzir agregados reciclados destinados à empregabilidade, atendendo aos requisitos técnicos dos agregados naturais, requer:

- a) incentivo à realização de projetos que valorizem o reemprego em caso de encerramento das funções do imóvel;
- b) redirecionamento das normas para a realização de projetos que antevejam canteiros de demolição e projetos de demolição seletiva destinados à segregação do RCC por classe.
- c) uso de tecnologias nas obras de demolição;
- d) uso de equipamentos de reciclagem de RCC móvel em canteiros de construção e demolição para uso consorciado entre as empresas do setor;
- e) o uso do agregado reciclado em obras geradoras de RCC da classe A.

Com relação às diretrizes técnicas da NBR nº 15.114/2004, que trata da implantação, produção e operação das usinas, é possível afirmar que ela deve recomendar:

- a) a existência de área, na recepção das usinas, que permita a inspeção e vistoria do RCC para admissão em área de armazenagem, prática que reduz a contaminação;
- b) para as usinas fixas, a existência de uma relação mínima entre a área de vegetação nativa e a área da atividade industrial, o que permita mitigar emissões de pó e ruído;

- c) a exclusão dos solos e escavações como resíduos beneficiáveis em usinas de reciclagem de RCC – Classe A, que devem ser encaminhados a usinas de tratamento de maneira a serem vistoriados e, após controle de qualidade, ser indicados para uso como matéria prima em indústria, em serviços de terraplenagem, paisagismo ou cobertura em aterros;
- d) a armazenagem do RCC separadamente por tipo de obra geradora, para redução da variabilidade e da contaminação;
- e) o controle das cargas em massa, viabilizando o controle de qualidade com relação aos teores de contaminação, de produção e de aproveitamento do RCC beneficiado;
- f) uma terminologia para o agregado reciclado por faixa granulométrica visando à classificação, caracterização e comercialização dele como material de construção;
- g) o controle de qualidade deve ocorrer na recepção, operação e expedição de modo que se padronize a aceitação do RCC e a produção do agregado reciclado;
- h) a utilização de tipos diferentes de britadores que trabalhem em série, de modo a permitir a britagem de blocos com maior dimensão, permitindo atenuação também das influências irreversíveis vindas do tipo de equipamento;
- i) a obrigatoriedade da implantação de sistemas de lavagem para o agregado reciclado, aumentando o teor de pureza e garantindo melhores condições de emprego;

Com relação ao conjunto das normas NBR nº 15.112 a 15.116, referentes ao uso do RCC, é importante que considerem:

- a) que os solos e escavações devem ser resíduos destacados dentre os demais que compõem os RCC da classe A, destinando-se a tratamentos que não o beneficiamento em usinas de reciclagem de RCC;
- b) que as ATTs devam ser reordenadas para se destinarem isoladamente aos RCC de maneira a permitir o acesso e armazenagem, bem como a garantia da pureza mineral, a identificação do gerador e dos volumes gerados;
- c) os aterros de inertes devem monitorar a gravimetria dos RCC neles dispostos como forma de controle, sendo preferencialmente destinados a solos e escavações.

Ainda é recomendável a publicação de normas que fixem diretrizes para operação de usinas de reciclagem de RCC móveis, bem como o emprego do agregado reciclado na indústria de materiais de construção e seus requisitos técnicos para uso na construção civil.

5.2 DIRETRIZES PARA A PRODUÇÃO DE AGREGADOS RECICLADOS PARA A CIDADE DE SALVADOR

a. Gestão do Resíduo da Construção Civil

A princípio, os RCC gerados na Cidade do Salvador devem ser reciclados e utilizados dentro do município. A disposição final do RCC ou envio dele a outros territórios significa desperdício de recursos.

O consumo de energia para beneficiamento do RCC implica na melhoria de qualidade tecnológica do agregado reciclado. Entretanto, a segregação na fonte contribui para a redução da geração do RCC, classifica o RCC e reduz o desperdício de energia nas usinas. Esses aspectos também são responsáveis pela contaminação irreversível do agregado reciclado.

Para atender às necessidades de consumo de areia, as usinas a serem implantadas na cidade de Salvador devem se destinar exclusivamente a receber RCC triados, livres da presença de solos, RCC da classe B e C. Essa diretriz se contrapõe ao projeto da usina da BDE Porto Seco – Pirajá, que prevê recebimento sem restrição do RCC classe A. No entanto, sua presença contribui negativamente para a pureza do agregado reciclado, além de reduzir áreas livres para armazenagem de RCC e agregados reciclados.

Para viabilidade dessas recomendações, a GRCC em Salvador deve ser reestruturada a partir do princípio da inibição da geração do RCC. A proposta leva em conta ainda o princípio da gratuidade do serviço oferecido no PDE, mas pretende privilegiar e incentivar o gerador a reusar e praticar a segregação em canteiro de obra.

Indiretamente, a proposta favorece a produção de agregado reciclado em usinas de reciclagem de RCC pelo ordenamento do recebimento do RCC e do indicador de menor variabilidade mineral, além de oferecer alternativas para as linhas de produto reciclado no município do Salvador. A Figura 112 apresenta o fluxo da GRCC recomendada para o município.

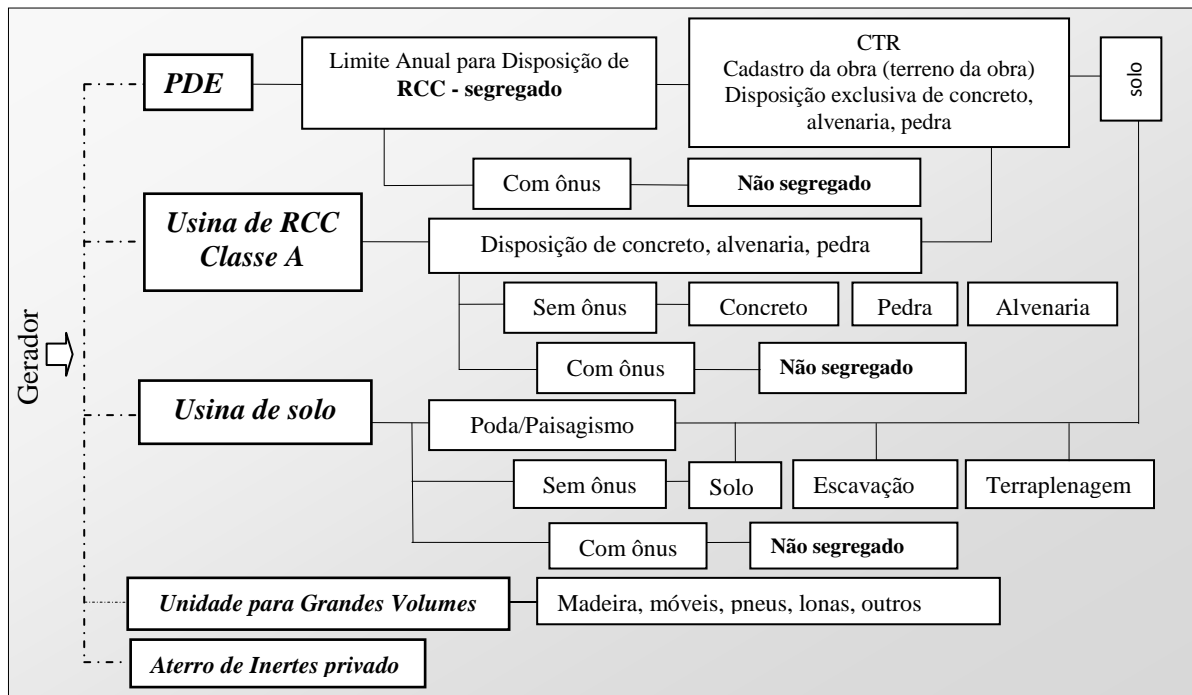


Figura 112. Fluxo da GRCC proposta para Salvador.

Os PDEs devem se destinar ao recebimento exclusivo de RCC classe A. Nele deve existir condição de manter-se segregado o solo e as escavações, bem como as pedras naturais, os RCC de alvenaria, contrapiso, cerâmicas e concretos encaminhados. Assim, não deve haver nesses locais nem recebimento, nem gerenciamento de resíduos como papelão, plásticos, metais, madeiras entre outros.

Nessa concepção, o gerador de RCC em pequenos volumes poderá obter os serviços de transbordo realizados pelo poder municipal, em obediência à NBR 15.112/2004. O acesso à área deve se limitar à disposição máxima anual de até 2,5m³ ou 3,36t/ano³³, que caracteriza a geração de RCC dos serviços de manutenção, pequenos reparos e construção relativa a uma área construída de 18m², a considerar uma geração de 150 kg/m² de RCC.

O pequeno gerador deve ser caracterizado pela reduzida 'massa' contribuída e pela eventualidade da contribuição, não se opondo a parâmetros da GRCC do município nem do CONAMA.

Ainda sob o efeito da reestruturação da GRCC, é possível afirmar que as BDEs perdem suas funções como áreas de transbordo e triagem para os RCC classe A, devendo ser avaliada a necessidade de sua existência para outros resíduos recicláveis.

³³ Considerando uma massa específica de 1.345 kg/m³ (SALVADOR, 1999).

Toda geração superior à ‘massa’ anual recebível no PDE deve ser encaminhada diretamente às usinas de reciclagem às expensas do gerador. Essa recomendação visa a inibir a destinação final do RCC para o PDE, incentivando o reuso na obra geradora e a segregação como forma de melhor utilizar o limite de disposição, cujo transporte até a usina é custeado pelo poder público.

Outra forma de incentivo à segregação e à interligação do sistema da GRCC às usinas está na taxa da disposição de RCC contaminado.

Todo o custo da triagem do RCC deve corresponder às massas a triar, variando com sobretaxa para os geradores reincidentes na prática da não segregação. Desse modo, responsabiliza-se o gerador e incentiva-se a separação em canteiro.

Às usinas devem se destinar exclusivamente RCC beneficiáveis na forma de agregado reciclado. Assim os materiais betuminosos e resultantes de movimentação de terra devem ser destinados ao reaproveitamento nas atividades geradoras, fechando um ciclo de utilização. Essas obras devem prever o uso de usinas móveis para reuso. Suas licenças prévias e de execução devem ser condicionadas à comprovação do contrato de locação dos equipamentos e meios necessários ao beneficiamento.

Solos e resíduos de escavação são considerados RCC em virtude do tipo de atividade que os suscitou. Entretanto, devem ser destinados às usinas de solos onde é segregado o contaminante, se houver. O solo submetido a tratamento e separação por tipo mineral apresenta condição mais favorável ao reemprego em obras de aterro, pavimentação, paisagismo ou cobertura de células em aterros sanitários, podendo inclusive adequar-se como matéria prima à indústria dos materiais de construção.

A adoção de usinas para beneficiamento de solos auxilia as usinas de reciclagem de RCC por retirar delas um resíduo que não é britável, atende ao princípio legal para o reuso, economiza energia, condiz tecnicamente com a produção do agregado reciclado, entre outros efeitos benéficos.

Os resíduos volumosos que a NBR nº 15.112/ 2004³⁴ define como os “constituídos basicamente por materiais volumosos não removidos pela coleta pública municipal, como móveis e equipamentos domésticos inutilizados, grandes embalagens e peças de madeira, podas e outros assemelhados, não provenientes de processos industriais” devem

³⁴ Essa norma fixa requisitos para projeto, implantação e operação das ATT e prevê que o PDE receba os grandes volumes.

ser encaminhados diretamente a complexos de beneficiamento, agrupados mediante simbiose industrial³⁵.

No meio urbano, devem existir pontos de recebimento de resíduos recicláveis, poda e grandes volumes que devem localizar-se na mesma região dos PDEs, de modo a manterem no local uma política de atração para a disposição.

A integração recomendada refere-se à partilha da infraestrutura de acesso, localização, divulgação, escritórios de apoio, balanças e outros. No entanto, essas unidades devem ser capazes de manter um isolamento que permita controle administrativo e físico sobre o acesso dos RCC a dispor de modo a garantir a armazenagem por tipo (concreto, alvenaria, e outros).

A área deve ser utilizada como ponto de divulgação de produtos recicláveis e estratégia de difusão das formas do emprego. Paralelamente é recomendável o incentivo à certificação dos agregados reciclados para garantir a qualidade o emprego e o sucesso da atividade.

b. Implantação das Usinas

No que diz respeito à implantação das usinas de reciclagem de RCC em Salvador, os equipamentos de britagem devem privilegiar o uso de plantas fixas e móveis. A usina fixa deve produzir agregado reciclado dos RCC dispostos nos PDE da cidade. A usina deve estar direcionada à produção de areia para pré-fabricados de concreto e argamassas de modo a reduzir a informalidade na extração e consumo de areia natural.

Com relação à capacidade de produção, a planta fixa prevista para a BDE Porto Seco – Pirajá, em 1999, se mostra suficiente para atender a cidade de Salvador, desde que observadas as seguintes condições:

- a) reestruturação da GRCC municipal;
- b) reestruturação e ampliação das redes de PDE para envio de RCC classe A;
- c) implantação de uma usina de beneficiamento para solos;
- d) a aquisição de planta móvel, com núcleo de redução por mandíbula, para prestação de serviços em canteiros de demolição. A compra deve ser feita por entidades de classe da construção civil atuantes na cidade que utilizem o equipamento de forma consorciada entre seus colaboradores. O poder público

³⁵ O conceito está baseado na sinergia entre diferentes atividades produtivas que apresentam maior eficiência de recursos aliados a benefícios ambientais e econômicos. (PEREIRA, LIMA e RUTKOWSKI, 2007)

deve incentivar a aquisição e fiscalizar o efetivo aproveitamento do agregado beneficiado por essa usina;

- e) implantação da BDE – Canabrava que, por conta de sua localização, pode reduzir custos com transporte e garantir a produção, mesmo com prognóstico de crescimento urbano. Essa unidade poderá ter atividades de beneficiamento somente durante os períodos críticos de geração do RCC, preliminarmente identificados como de maio a janeiro do ano seguinte;
- f) aquisição de equipamentos de lavagem do agregado reciclado como forma de melhorar a qualidade do produto a comercializar;
- g) rever as diretrizes de controle da qualidade para que possam incidir sobre todo o processo de produção, estabelecendo um método de operação.

O projeto da usina para BDE Porto Seco – Pirajá prevê a vistoria visual na recepção, porém é recomendável a previsão de área para manobra e derrubada do RCC de modo a permitir a constatação da carga entregue. Essa prática inibe a disposição de RCC de várias classes nas caçambas que depois são cobertos por resíduos da classe A. Esse cuidado também favorece a armazenagem do RCC no pátio para triagem.

O projeto da usina para BDE Porto Seco – Pirajá não prevê a utilização sistema de pré-beneficiamento, sendo importante a sua aquisição para redução de finos.

Quanto ao terreno destinado a implantação da usina da BDE Porto Seco – Pirajá, é recomendável uma nova escolha onde seja possível a armazenagem de volumes de RCC igual ou superior à coleta semanal destinada pelos PDEs quando implantados. A usina deve ter área de armazenagem para agregado reciclado igual ou superior a produção de 15 dias. Por outro lado, é indispensável constatar a irregularidade da geração do RCC em Salvador, pois esse comportamento indica que os terrenos das usinas devem ser dimensionados para períodos de maior geração, prevendo-se a retração do uso das áreas em períodos de menor atividade.

O terreno destinado à BDE não favorece a integração da usina com outras empresas de beneficiamento dos RCC encaminhado pelos PDEs da cidade. A integração é vital para redução do custo final do produto reciclado, além de adequar o fornecimento de matéria prima, o aproveitamento da infraestrutura empresarial, as vias de acesso, sinalização e vegetação.

O terreno das usinas deve ter área com vegetação nativa preservada e a localização do britador deve ficar por traz dessa barreira natural de modo a beneficiar a vizinhança pela retenção de ruído e partículas. A área deve conter também cercas verdes

formadas por diferentes espécies nativas, permitindo a existência de copas baixas, intermediárias e altas em seu entorno.

Quanto ao relevo, é possível sugerir que terrenos inclinados favorecem a operação das usinas em virtude da semelhança da atividade à extração mineral. Outro indicador está na realização dos serviços de terraplenagem a que as usinas recorrem para acesso das pás carregadeiras aos britadores e para elevação dos agregados a partir dos transportadores de correia.

c. Operação das Usinas

No que se refere à operação a usina da cidade de Salvador, ela deve utilizar no mínimo três pás carregadeiras, podendo optar por duas e aquisição de retro-escavadeira (equipamento de menor custo), prevenindo interrupções e descontinuidade de funcionamento do britador, reduzindo o tempo de espera no transporte do agregado reciclado, além do tempo de espera na triagem manual.

Nesse aspecto, existe ganho para a produção da usina pela armazenagem do RCC já triado e com formação de pilhas próximas ao britador, concentrando a circulação no núcleo de britagem e aumentando a segurança dos operários.

As pás carregadeiras se destinam a:

- a) triagem e empilhamento do RCC, sendo recomendável uma armazenagem e empilhado superior a 860m³ (cada), necessários para a produção nominal de dois dias do britador;
- b) alimentação do britador continuamente a partir do RCC triado;
- c) carregamento de veículos e empilhamento de agregado reciclado.

A recomendação para a operação da usina de reciclagem de RCC em Salvador deve estar baseada no critério de aceitação da matéria prima e no controle de qualidade das fases de recepção, estocagem do RCC, triagem, e armazenagem do agregado reciclado. A operação deve se direcionar para o agregado reciclado a produzir, sendo rejeitado todo o procedimento que influencie negativamente e que contribua irreversivelmente para a redução dos requisitos técnicos de empregabilidade.

d. Matéria prima, produto e resíduo

O método de produção do agregado reciclado em Salvador há de considerar a valorização dos RCC de concreto das áreas mais afastadas da orla marítima em decorrência da presença do cloreto de sódio e seus efeitos posteriores quando incorporado a concretos reciclados com armadura. Nesse caso, deve ser indicado o mapeamento das demolições e o emprego dos agregados reciclados advindos delas.

Essa condição obriga a usina a rejeitar todo RCC enviado sem documentação que identifique e quantifique a geração. É importante que o poder público local se estruture para garantir que o RCC enviado à usina esteja acompanhado da licença para geração, atualmente expedida somente para as obras licenciadas.

Por outro lado, o atestado de viabilidade deve incorporar aos dados solicitados o cronograma das disposições de RCC que, acompanhado do cronograma físico da obra, permite construção de indicadores no setor público. A informação sobre a área total construída e a data prevista para encerramento da obra é primordial para que se estabeleça controle sobre a geração do RCC e o período em que ela irá ocorrer.

A geração acentuada de RCC no segundo semestre de 2009 e 2010 em Salvador permite recomendar que as usinas devam ter flexibilidade operacional de modo a reduzir o efeito da descontinuidade da geração do RCC. Essa irregularidade indica a necessidade de maiores áreas para armazenagem e triagem do RCC durante os períodos de maior geração, remanejamento de pessoal durante parte do ano, bem como planejamento e adequação do beneficiamento aos períodos de baixa geração do RCC.

As usinas devem manter controle sobre o RCC através da pesagem na recepção, na inspeção interna, na fiscalização da estocagem e na triagem. A etapa da produção repercute nos resultados dos ensaios de qualidade do agregado reciclado e seu controle deve ser semanal.

O controle em massa permite relacionar o RCC entregue e o produto beneficiado (relação de aproveitamento), valor que indiretamente reflete a presença de resíduos não beneficiáveis. A redução da eficiência da GRCC deve ser imediatamente notificados para correção. O método de operação da usina deve permitir identificar a origem das ocorrências responsáveis pela redução da relação de aproveitamento, incluindo a origem do RCC.

Os grandes geradores devem sofrer maior pressão com relação aos critérios de aceitação dos RCC, tendo em vista que o potencial de geração é uma interferência negativa

por destinar substâncias não beneficiáveis ou por não empreender o reuso como critério da GRCC.

Todas as movimentações de matéria (prima, produto e resíduos) devem ser registradas, incluindo a pesagem de veículos de carga vazios como forma de controle da qualidade.

O controle da qualidade do RCC e do agregado reciclado expedido deve ser realizado semanalmente. Na produção de areia para concreto, é recomendável a instalação de cilindros de lavagem com reaproveitamento da água utilizada.

6. CONCLUSÃO

As diretrizes para a produção de agregado reciclado em usinas de reciclagem de RCC propostas no capítulo anterior atendem ao objetivo principal desta pesquisa. Essas proposições estão baseadas em um processo de reciclagem do RCC, mais sustentável e ambientalmente menos agressivo.

As proposições estão agrupadas em diretrizes legais e técnicas como forma de delimitar as ações da GRCC, bem como as interferências nos requisitos técnicos necessários a menor variabilidade mineral do RCC, mantendo foco na utilização do agregado reciclado.

A investigação dos condicionantes da produção do agregado reciclado nas usinas de reciclagem de RCC foi modelado qualitativamente, pelo referencial teórico e resultados de campo. Esse objetivo alcançado permite afirmar que:

- a) a classe e o elevado potencial de geração do RCC interferem negativamente na qualidade do agregado reciclado de modo irreversível, reduzindo a empregabilidade devido à elevada variabilidade mineral, além de interferir na confiança e aceitação do produto reciclado como material de construção;
- b) o “processo de redução” do RCC é favorecido pelo controle sobre os equipamentos da usina. Sua influência na qualidade do agregado reciclado é positiva desde que a produção das usinas objetive requisitos técnicos para a empregabilidade do agregado reciclado na construção civil;
- c) o “produto reciclado gerado” nas usinas sofre interferência positiva do controle de qualidade dos processos, armazenagem e acondicionamento que visem a empregabilidade. Por outro lado, esses produtos são a imagem qualitativa dos RCC que os geram;
- d) os “resíduos” presentes no RCC interferem positivamente no agregado reciclado quanto menor for sua presença em relação a composição mineral.
- e) o “controle sobre o descarte dos resíduos” nas usinas reflete positivamente sobre a qualidade do agregado reciclado pela redução das oportunidades de contaminação.

A avaliação das usinas de reciclagem de RCC da região Nordeste contempla o objetivo específico referente a adequação as diretrizes nacionais existentes. Assim, pode-se afirmar que:

- a) predomina a não conformidade das usinas em relação a NBR nº 15.114/2004.

- b) a ausência de produção diária das usinas avaliadas interfere na relação de conformidade à norma NBR nº 15.114/2004.
- c) as usinas apresentam desconformidade a norma NBR nº 15.114/2004 quanto a matéria prima, produto e resíduos também em decorrência da GRCC praticada pelos municípios sede e pelo gerador.
- d) as GRCC praticadas desfavorecem as condições de obtenção do agregado reciclado que atenda a requisitos técnicos para uso na construção civil.

As proposições para a produção de agregado reciclado em usinas de reciclagem da construção civil na Cidade do Salvador feitas no capítulo anterior contemplam o terceiro objetivo específico desta pesquisa. As ações sugeridas referem-se a procedimentos de controle e rejeição do RCC em PDE e usinas de reciclagem tendo por objetivo a valorização do agregado reciclado.

Em Salvador, as usinas devem ter projetos e operação voltados para o melhor aproveitamento do RCC. Nesse sentido, se propõe a exclusão dos solos, a implantação de procedimentos operacionais apoiados na readequação da GRCC e no método de produção das usinas a partir de indicadores de resultado voltados para o uso do agregado reciclado.

A linha de produção de melhor prognóstico de consumo identificado para Salvador e Região Metropolitana foi a da areia reciclada, que satisfaz requisitos técnicos de empregabilidade e substituição as areias utilizadas em concretos estruturais até 40 MPa.

A partir das análises também é possível afirmar que a NBR nº 15.114/2004 não contempla requisitos de controle e qualidade da produção que reduzam a variabilidade do RCC, ao tempo em que favorecem a produção de agregado reciclado destinado a pavimentação em decorrência da menor solicitação de requisitos técnicos para uso.

Com relação à adequação do conjunto de normas NBR nº 15.112 a 15.116/2004, foram feitas recomendações visando ao redirecionamento do processo de reuso e reciclagem do RCC que conduzam a maior empregabilidade.

Ainda se constatou que há necessidade de publicação de normas técnicas que fixem diretrizes para operação de usinas de reciclagem de RCC móveis, bem como o emprego do agregado reciclado na indústria de materiais de construção e requisitos técnicos que garantam maior empregabilidade.

A partir dos resultados obtidos nesse trabalho se recomenda o desenvolvimento de futuras pesquisas visando:

- a) implantar procedimentos de controle sugeridos às usinas e avaliar a qualidade do agregado reciclado produzido;
- b) reavaliar os sistemas de limpeza urbana de modo a uniformizar parâmetros e procedimentos que favoreçam a GRCC;
- c) avaliar a exclusão dos solos como RCC beneficiável em usinas de reciclagem e suas interferências produtivas;
- d) avaliar a viabilidade técnica da implantação de usinas de beneficiamento de solos e seus tratamentos visando ao aproveitamento mais adequado;
- e) estudar critérios de valorização para o agregado reciclado mediante conformidade a procedimentos operacionais voltados para a qualidade do agregado reciclado;
- f) avaliar a viabilidade econômica, técnica e social da operação de plantas móveis por entidades de classe para atividades consorciadas entre seus associados;
- g) estudar as alterações a sugeridas a GRCC municipal para Salvador;
- h) estudar a viabilidade da integração dos sistemas de PDE a simbiose industrial como política de atração para a reciclagem de outros resíduos;
- i) estudar o fluxo de geração do RCC em intervalos de tempo que permitam e suas interferências nas atividades e procedimentos operacionais das usinas de reciclagem de RCC;
- j) correlacionar o fluxo de geração do RCC com a gravimetria do resíduo de estabelecendo parâmetros entre as áreas a utilizar na implantação das usinas fixas;
- k) avaliar a qualidade do agregado reciclado das obras de demolições dos imóveis da orla marítima da cidade de Salvador com relação a presença de cloreto de sódio.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Salvador Luis; CHAVES, Arthur. P. **Aproveitamento de rejeitos de pedreiras de Santo Antônio de Pádua - RJ**. Série Rochas e Minerais Industriais, 2002, 69 p.

Disponível em: http://www.cetem.gov.br/publicacao/series_srmi/srmi-06.pdf

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). **Significance of test and proprieties of concrete & concrete-making materials**. International Standard Worldwide STP 169 D, New Jersey, 2006.

ÂNGULO, S. C. *et al.* **Aperfeiçoamento da reciclagem da fração mineral dos resíduos de construção e demolição – uso em concretos**. In: III seminário: O uso da fração fina da britagem. São Paulo. 2005. Disponível em: http://www.reciclagem.pcc.usp.br/ftp/APR-RCD_Angulo%20et%20al.pdf. Acesso em novembro de 2009.

_____. Análise comparativa da tecnologia de processamento na reciclagem da fração mineral dos resíduos de concentração e demolição. In: XXI Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia extrativa, Natal, Rio Grande do Norte, 2005, 11p.

_____. **Processamento de resíduos de construção e demolição em usinas de reciclagem europeias**. In: Encontro Nacional de Aproveitamento de Resíduo na Construção – ENARC 2009, Feira de Santana, Bahia, p. 609 – 616, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR nº 15.112c**: Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004, 7 p.

_____. **NBR nº 15.113**: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004, 12 p.

_____. **NBR nº 15.114a**: Resíduos sólidos da construção civil - Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004, 7 p.

_____. **NBR nº 15.115**: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos. Rio de Janeiro, 2004, 10 p.

_____. **NBR nº 15.116b**: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos. Rio de Janeiro, 2004, 12 p.

_____. **NBR nº 7.216**. Amostragem de agregados no campo para utilização em obras de pavimentação. Rio de Janeiro. 1987.

BALÁZS, Gyorgy. L.; KAUSAY, Tibor; SIMON, Tomás K. **Technical guideline for the production and utilisation of concrete out of recycled aggregates in Hungary**. Concrete Structures - Annual Journal of the Hungarian Group of fib, IX, 2008, 45-55 p. Disponível em: <http://www.fib.bme.hu/cs2008/images/vb2008%20angol%20KAUSAY%20page45-55.pdf>. Acesso em fevereiro de 2010.

BOSCOV, Maria Eugênia G. **Geotecnia Ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

BRAGA, Benedito et al. **Introdução a engenharia ambiental**. 2ª edição. São Paulo: Pearson Prentice Hall. 2005.

BRASIL. **Lei Nº 12.305**, DE 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 03 ago. 2010. Seção 1, 3 p.

_____. BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Anuário Mineral Brasileiro**. XXXV . Brasília, Distrito Federal, Brasil, 2006.

BREWER, G.; MOONEY, J. A. **Best policy for recycling and reuse in building**. Engineering sustainability. Institution of civil engineers, 2008, 173-180 p.

CALAES, G. D. **A economia brasileira mineral e mundial: o setor mineral brasileiro e mundial e suas perspectivas de evolução a longo prazo**. Brasília. 2009.

CALAES, G. D. et al. **Bases para o desenvolvimento sustentável e competitivo da indústria de agregados nas regiões metropolitanas do país. Parte 1**. Escola de Minas , 2007. 60 p.

CAR, M. et al. **Recycling of construction & demolition waste in Malta**. Strategy for short-term implementation. Malta: Ministry for rural affairs and the environment of Republic of Malta and Umweltbundesamt GmbH Austria, 2008.

CARELI, E. D. **A resolução CONAMA nº 307/2002 e as novas condições para gestão dos resíduos de construção e demolição**. 155. São Paulo, São Paulo, 2008.

CARNEIRO, A. P. **Reciclagem de entulho para produção de materiais de construção "Projeto Entulho Bom"**. Salvador: Editora da UFBA, 2001.

CARVALHO, I. M.; PEREIRA, G. C. **Como anda Salvador**. Salvador: Edufba, 2008, 228 p.

CATAPRETA, C. A.; PEREIRA, J. D.; ALMEIDA, A. H. **Avaliação do desempenho das usinas de reciclagem de resíduos de construção civil de Belo Horizonte, Brasil**. XXXI Congresso Interamericano AIDIS . Santiago, Chile, 2008.

CIRIBELLI, M. C. **Como elaborar uma dissertação de mestrado através da pesquisa científica**. Rio de Janeiro: 7Letras, 2003.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). **Consumo de materiais de construção cresce por dez meses consecutivos**. Brasília, Brasil. 2007.

COMÉRCIO E INDÚSTRIA DE MÁQUINAS (MAQBRIT). Desenvolvido por: Intersolution. Disponibiliza informações técnicas sobre os equipamentos de usinas para reciclagem de resíduos da construção civil. Disponível em: http://www.maqbrit.com.br/usina_reciclagem_entulho.html. Acesso em 28 de out. 2010.

_____. **MAQBRIT. Fluxograma e operação da usina.** São Paulo, [200-]. Nota técnica. 4 p.

COMITÊ EUROPEU DE NORMALIZAÇÃO (CEN). NP EM 206-1. **Betão. Especificação, desempenho, produção e conformidade. Parte 1.** 2005, 84 p.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 307/2002:** Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Legislação. Brasília, Distrito Federal, Brasil: DOU nº 136, de 17 de julho de 2002, Seção 1, 95-96 p.

_____. **Resolução nº 348/2004:** Altera a Resolução CONAMA no 307, de 5 de julho de 2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos. Legislação. Brasília, Distrito Federal, Brasil: DOU nº 158, de 17 de agosto de 2004, Seção 1, 70 p.

CUNHA, N. A. **Resíduos da construção civil análise de usinas de reciclagem. 2007.** 176 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

DUARTE, P.; LIMA, V. L. **Beneficiamento do resíduo de construção.** II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica. João Pessoa. 2007.

EUNOMIA; TOBIN, C. E.; ÖKO-INSTITUTE; ARCADIS, SCUOLA, A. P. M.; TBU, E.; EUNOMIA, N. Z. **International review of waste management policy: Annexes to main report.** Disponível em www.eunomia.co.uk, Bristol: Eunomia, United Kingdom, 2009, 1062 p. Acesso em outubro de 2010.

EUROPEAN COMMISSION (DG ENV). **Draft final report task 2 - Management of construction and demolition waste.** Paris: Bio Intelligence Service, 2010, 229 p.

EVANGELISTA, P. P. de A. **Alternativa sustentável para destinação de resíduos classe A: diretrizes para reciclagem em canteiros de obra.** Dissertação de mestrado da Universidade Federal da Bahia – Escola Politécnica. Salvador, 2009, 152 p.

FERRAZ, G. R. **Estações de classificação e transbordo na Cidade de São Paulo.** In: seminário de desenvolvimento sustentável e a reciclagem na construção civil. São Paulo. 2001.

FERREIRA, G. E.; SILVA, V. **Mercado brasileiro de agregados minerais e o estudo do CETEM para obtenção de areia manufaturada.** IV jornada iberoamericana de materiais de construção, 2004, 13 p.

FONTES, M. T. **A gestão dos resíduos sólidos da construção civil na cidade de Salvador e a implementação da resolução CONAMA nº 307/2002. 2008.** 178 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) - Universidade Federal da Bahia - Escola Politécnica, Salvador, 2008

FORTALEZA. **Lei 8408 de 24 de dezembro de 1999.** Estabelece normas de responsabilidade sobre a manipulação de resíduos produzidos em grande quantidade, ou de natureza específica e outras providências. Diário oficial do município de 28 de dez. de 1999.

FURLETTI, D. I. R (coord.). **Construção civil: análises e perspectivas**. Banco de dados da CBIC. 18 p.

FURSTENAU, E. **Novo dicionário de termos técnicos inglês-português**. 24ª edição. São Paulo: Globo. Vol I, 2005, 724 p.

GONÇALVES, H. **Manual de metodologia da pesquisa científica**. São Paulo: Avercamp, 2005, 124 p.

GONÇALVES, J. C. V, MOREIRA, M. D., BORGES, V. P. **Materiais de construção civil na região metropolitana de Salvador**. Salvador. 2008. Departamento Nacional de Produção Mineral – Divisão de minerais e rochas industriais. Superintendência regional de Salvador. 53 p.

GUTIÉRREZ, P. A., JUAN, M. S. **Utilization of recycled concrete aggregate for structural concrete**. In: Congress. Cimne. Rilem 2004. Barcelona, 2004, 10 p.

HENDRIKS, C. **A new vision on the building cycle**. Vol. 1. Amesterdan, Holanda: AEnas Technical Publishers, 2004.

_____. **Sustainable raw materials: Construction and demolition waste**. Vol. 1. Amesterdan, Holanda: AEnas Technical Publishers, 2000.

HOUAISS. **Dicionário eletrônico Houaiss da língua portuguesa**. Versão eletrônica 2.0.5.0 . São Paulo, Brasil. 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Contagem da população 2007**. População recenseada e estimada, segundo os municípios - Bahia . Brasília, Brasil, 2007. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/>. Acesso em outubro de 2010.

JOÃO PESSOA. **LEI Nº 11.176** de 10 de outubro de 2007. Institui o sistema de gestão sustentável de resíduos da construção civil de demolição e o plano integrado de gerenciamento de resíduos da construção e demolição. Diário oficial do município de 10 de out. 2007.

JOHN, V. M.; AGOPYAN, V. **Reciclagem de resíduos da construção**. Seminário - Reciclagem de resíduos domiciliares , 3. São Paulo, Brasil: Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 2000.

JUNIOR, N. B. Coord. **Cartilha de gerenciamento de resíduos sólidos para a construção civil. 38. Belo Horizonte**, Minas Gerais, Brasil: Grupo de gerenciamento de resíduos sólidos da construção civil. 2005, 39 p.

KARPINSK, L. A., et al. **Gestão diferenciada de resíduos da construção civil : uma abordagem ambiental**. Vol I . Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil: Edipucrs, 2009.

LA SERNA, H.; REZENDE, M. M. **Agregados para a construção civil**. Sumário Mineral 2009. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/assets/galeriaDocumento.pdf>. Acesso em novembro de 2010.

- LANZELLOTTI, R. F.; TOREM, M. L.; LUZ, A. B. **Desenvolvimento de fluxograma de beneficiamento mineral para resíduos sólidos da construção civil**. XX Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Mineralogia Extrativa. , Volume 2, 2004, 351 – 358 p.
- LEITE, M. B. **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição**. 2001, 290 f. Tese (Doutorado em engenharia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia, Porto Alegre, 2001.
- LEVY, S. M. **Evolução histórica da utilização do concreto como material de construção**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP . São Paulo, São Paulo, Brasil: EPUSP. 2002.
- LODÊLO, P. M.; EVANGELISTA, P. P.; FERRAZ, T. G. **Gestão de resíduos na construção civil: Redução, Reutilização e Reciclagem**. Vol. 1, Unidade Dendezeiros: Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial, Salvador, 2007.
- LÓPEZ, G. **Gestión de los residuos de construcción y demolición (RCD) en la comunidad de Madrid (España)**. In: 3º Seminário Iberoamericano de Ingeniería de Resíduos, 2010, João Pessoa.
- MANZINI, E.; VEZZOLI, C. **O desenvolvimento de produtos sustentáveis**. Vol. I. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo – EDUSP, 2008, 366 p.
- MELO, A. V. S.; FERNANDES, M. P. **O aspecto ambiental das obras de demolição**. In: 3º Seminário Iberoamericano de Ingeniería de Resíduos , 2010, João Pessoa.
- MINERAIS DO PARANÁ (MINEROPAR). **Dicionário mineral**. Acesso em 16 de Outubro de 2010, disponível em mineropar.pr.gov.br
- MIRANDA, L. F.; ANGULO, S. C.; CARELI, É. D. **A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 1986-2008**. Ambiente Construído ,2009, 57-71 p.
- MOREIRA, D. A. **Administração da produção e operações**. São Paulo: Pioneira, 2001.
- MUTHER, R. **Planejamento do layout: sistema SLP**. São Paulo: Edgard Blucher, 1978.
- NATIONAL C. D.W.C. **Best practice guidelines**. Disponível em <http://www.environ.ie/en/Environment/Waste/ProducerResponsibilityObligations/ConstructionandDemolitionwaste/PublicationsDocuments/FileDownload,1481,en.pdf> , London, 2005, 39 p. Acesso em agosto de 2009.
- NATIONAL CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTE COUNCIL (NCDWC). **Best practice guidelines on the preparation of waste management plans for construction and demolition projects**. Dublin. 2006.
- NUNES, K. R. **Avaliação de investimentos e desempenho de centrais de reciclagem para resíduos sólidos de construção e demolição**. Rio de Janeiro, 2004, 276 p.

OLIVEIRA, M. J.; ASSIS, C. S.; MATTOS, J. T. **Recycled aggregate standardization in Brazil**. International RILEM Conference on the use of recycled materials in buildings and structures. Barcelona, Espanha, 2004.

PALUDZYSZYN FILHO, E. **Cultivo do eucalipto**. Acesso em novembro de 2010, disponível em Embrapa Florestas. 2003.

PEREIRA, A.; LIMA, J. C. F.; RUTKOWSKI, E. W. **Ecologia industrial, produção e ambiente: uma discussão sobre as abordagens de inter-conectividade produtiva**. In: International workshop avancer in cleaner production. São Paulo. 2007.

PINTO, T. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. Tese (Doutorado em engenharia), 189 f. Universidade de São Paulo – Escola Politécnica. 1999.

PINTO, T.; GONZÁLEZ, J. L. **Manejo e gestão de resíduos da construção civil**. 1. Brasília. 2005.

RAMPAZZO, L. **Metodologia Científica**. 3ª edição. São Paulo: Loyola. 2005.

RAO, A.; JHA, K. N.; Misra, S. **Use of aggregate from recycle construction and demolition waste in concrete**. Resources, Conservation and Recycling, 2007, 71-81 p.

RILEM. **Demolition and reuse of concrete masonry**. Proceedings of the Third International RILEM Symposium, 1994, 93-104 p.

RILEM. **Use of recycled materials**. Rilem TC 198 - URM, 2005, 3-5 p.

SALVADOR. **Lei nº 5.354**. Dispõe sobre sons urbanos, fixa níveis e horários em que será permitida sua emissão, cria licença para utilização sonora e dá outras providências. 1998.

SALVADOR. **Lei nº 12.133**. Dispõe sobre manejo, acondicionamento, coleta, transporte, tratamento e destino final dos resíduos sólidos resultantes das obras de construção civil e dos empreendimentos com movimento de terra. Diário oficial do município de 09 de out. de 1998.

SALVADOR. **Decreto nº 12.066**. Dispõe sobre o procedimento para acondicionamento dos diversos tipos de resíduos sólidos, no âmbito do Município de Salvador. Diário oficial do município de 07 de ago. de 1998.

SALVADOR, E. **Gestão diferenciada de entulho na cidade do Salvador**. Prefeitura Municipal do Salvador, Assessoria de Planejamento. Salvador: Assessoria de Planejamento/LIMPURB, 2009. 30 p.

_____. **Gestão diferenciada de entulho na cidade do Salvador**. Prefeitura Municipal do Salvador, Assessoria de Planejamento. Salvador: Assessoria de Planejamento/LIMPURB, 2010. 24 p.

SANCHEZ, L. E. **Desenhgenharia "o passivo ambiental na desativação de empreendimentos industriais** , 1ª edição. São Paulo, São Paulo, Brasil: EDUSP. 2001.

SÃO LUIS. **LEI N.º 4.653** de 21 de agosto de 2006. Cria o sistema de gestão sustentável de resíduos da construção e resíduos volumosos, e o plano integrado de gerenciamento de resíduos da construção civil no município de São Luís e dá outras providências. Diário oficial do município nº 161 de 22 de ago. de 2006.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONTRUÇÃO DO ESTADO DA BAHIA (SINDUSCON-BA). Desenvolvido por Click Interativo multimídia/ agência digital. Apresenta relação dos **associados em ordem alfabética**. Disponível em : <http://www.sinduscon-ba.com.br/associados>. Acesso em 10 out. 2010.

SHIMA, H. et al. **An advanced concrete recycling tecnologia and its applicability assessment through input – output analysis**. Journal of advanced concrete tecnologia, vol. 3, nº 3. Japan concrete institute, 2005, 53-66 p.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONTRUÇÃO DO ESTADO DE SÃO PAULO (SINDUSCON-SP). **31ª Sondagem Nacional da Indústria da Construção Civil**. São Paulo: Fundação Getúlio Vargas - FGV Projetos. 2007.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). **Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos - 2007**. Parte 1 . Brasília, Distrito Federal, Brasil. 2009.

SPRPVIERO, D. M. **Entropia: "Progresso" para a Destruição!** (J. Lauand, Entrevistador). 10 de jun 2001, Diponível em: <http://www.hottopos.com.br/regeq8/mario.htm>

SYMONDS, A. A. **Construction and demolition waste management pratices, and their economic impacts**. Bruxelas: European comission. 1999.

TAM, V. W.; TAM, L.; LE, K. N. **Cross-cultural comparison of concrete recycling decision-making and implementation in construction industry**. Waste Management , 2009, 291-297 p.

VALLE, C. E. **Implantação de indústrias** . Rio de Janeiro: Livros técnicos e científicos. 1975.

VALVERDE, F.; TSUCHIYA, O. Y. **Agregados para a Construção Civil no Brasil**. (A. N. Civil, Ed.) Brasília. 2009.

VAZQUEZ, E. **Aplicación de nuevos materiales reciclados en la construcción civil**. IV Seminário Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil - Materiais Reciclados e suas Aplicações , IBRACON, Ed. São Paulo, Brasil. 2001.

VÁZQUEZ, E. **Draft os Spanish regulations for the use of recycled aggregate in the production of structural concrete**. International RILEM Conference on the Use of Recycled Materials in Buildings and Structures ,vol. I, 2004, 511-525 p.

WASTE er RESOURCES ACTION PROGRAMME (WRAP). **Quality protocol for the production of aggregates from inert waste.** Hihgways Agency, sep. Banbury, 2005, 11 p. Disponível em: http://aggregain.wrap.org.uk/quality/quality_protocols/index.html

YOSHIDA, F. **The cyclical economy of Japan.** Sapporo: Hokkaido University Collection of Scholarly Academic pappers: HUSCAP, 2007, 163 P.

APÊNDICE A

Relação das usinas de reciclagem de rcc brasileiras em atividade em dezembro de 2009

Ano de Instalação	Estado	Cidade	Capacidade de Produção (t/h)	Natureza
1994	MG	B. Horizonte	30	Pública
1996	MG	B. Horizonte	20	Pública
1996	SP	Ribeirão Preto	30	Pública
1996	SP	Piracicaba	15	Autarquia
2000	SP	Socorro	06	Privada
2000	SP	Guarulhos	15	Pública
2000	SP	Vinhedo	15	Pública
2001	DF	Brasília	30	Caenge
2002	CE	Fortaleza	60	Privada
2004	SP	Jundiaí	20	SMR
2004	SP	Campinas	70	Pública
2005	SP	São B. do Campo	50	Urbem
2005	SP	São José do Rio Preto	30	Pública
2005	SP	São Carlos	20	Pública
2006	MG	B. Horizonte	40	Pública
2006	PR	Ponta Grossa	20	P. Grossa Amb.
2006	SP	Taboão da Serra	20	Estação Ecologia
2007	PB	João Pessoa	25	Pública
2007	SP	Caraguatatuba	15	JC
2007	PR	Colombo	40	Soliforte
2007	SP	Limeira	35	RL Reciclagem
2007	SP	Americana	25	Cemara
2007	SP	Piracicaba	20	Autarquia
2007	RS	Santa Maria	15	GR2
2008	DF	Brasília	30	CAENGE
2008	PR	Londrina	40	Kurica Ambiental
2008	MA	São Luis	40	Privada
2008	SP	São J. dos Campos	70	RCC Ambiental
2008	SP	Paulínia	100	Estre Ambiental
2009	PE	Petrolina	25	Concessão pública

APÊNDICE – B

Questionário de avaliação das atividades das usinas de reciclagem de RCC

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA - ESCOLA POLITÉCNICA DA BAHIA

PROGRAMA DE MESTRADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL URBANA

USINA 19 a 20 de maio de 2010

Questionário de Pesquisa

Avaliação das atividades de Produção das URCC

São Luis do Maranhão, Fortaleza, João Pessoa, Petrolina

O objetivo deste questionário é propiciar o levantamento quantitativo de dados para proposição das diretrizes de produção do agregado reciclado na Cidade de Salvador. A utilização dos dados é para uso exclusivo no meio acadêmico.

A. CONDIÇÕES DE IMPLANTAÇÃO

1. Localização

a. Possui ³⁶Impacto ambiental minimizado?

i. Sim. De que forma _____

ii. Não. De que forma _____

b. Possui apoio popular para funcionamento?

i. Sim. Como se deu? _____

ii. Não. Por quê? _____

c. Está em acordo com a legislação ambiental?

i. Licença Prévia na fase de projeto. Sim Não

ii. Licença de Instalação. Sim Não

iii. Licença de Operação. Sim Não

³⁶CONAMA Resolução nº 001/86. Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: I – a saúde, segurança e o bem estar da população; II – as atividades sociais e econômicas; III – a biota; IV – as condições estéticas e sanitárias do ambiente; V – a qualidade dos recursos ambientais.

d. Possui condições de preservação da

- i. ³⁷Hidrologia local. Sim Não

Como? _____

- ii. ³⁸Vegetação. Sim Não

Como? _____

- iii. ³⁹Vias de acesso. Sim Não

Como? _____

e. A área possui:

i. Dimensões de: _____

ii. Área Total de: _____

iii. Área ocupada de: _____

iv. Área livre de: _____

v. Coordenadas geográficas: _____

f. Quais fatores levaram a escolha deste terreno para implantação da usina?

g. Dos fatores citados acima, quais hoje, podem ser mensurados como adequados?

³⁷ Áreas sujeitas a inundações; nível freático sem flutuações excessivas e situado o mais distante possível da superfície do terreno (mínimo de 3,0 m para solos argilosos e distâncias maiores para solos arenosos); distância mínima de 200m de qualquer corpo d'água. BOSCOV GIMENEZ, Maria E. Geotecnia Ambiental. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 978-85-86238-73-4

³⁸ Preserva a vegetação do entorno. Possui cercamento vegetal.

³⁹ Possui vias de acesso abertas, pavimentadas, sinalizadas,

h. Quais, hoje, podem ser mensurados como inadequados

2. Acesso e Iluminação

a. Protegido⁴⁰ e coberto

- i. Possui abrigo que garanta funcionamento em dias chuvosos. Sim
 Não
- ii. Funcionamento é interrompido em períodos de chuva. Sim
 Não

b. Iluminação e energia para situações de emergência

- i. Possui iluminação de emergência. Sim Não
- ii. Possui gerador para fornecimento de energia elétrica. Sim Não

3. Águas superficiais

a. Drenagem da água de chuva

- i. Possui sistema de drenagem superficial. Sim Não
- ii. Possui sistema de aproveitamento de água pluvial. Sim Não

b. Carreamento do material sólido para fora da área

- i. Possui proteção contra carreamento de material por água de chuva. Sim
 Não
- ii. Possui sistema de coleta do material carreado. Sim
 Não

⁴⁰ Os acessos internos e externos devem ser protegidos, executados e mantidos de maneira a permitir sua utilização sob quaisquer condições climáticas.

4. Área de operação

a. Local de armazenagem dos produtos gerados

i. Possui área de armazenagem da produção por granulometria.

Sim Não Área total de armazenagem (m²) _____

ii. Possui área de armazenagem para a produção (sem separação por tamanho)

Sim Não Área total de armazenagem (m²) _____

iii. Não possui área de armazenagem. Por quê? _____

b. A área de armazenagem apresenta-se como:

i. Adequada. Inadequada

Por quê?

c. A área de operação da usina apresenta-se com:

i. Superfície regularizada _____ (m²)ii. Superfície em aclave _____ (m²)iii. Superfície em declive

Observações quanto ao aspecto de adequação ou inadequação da superfície.

d. Local de armazenagem para resíduos não recicláveis na usina

i. Possui área para armazenagem de resíduos Classe B

Sim Não Adequada Inadequada Área Total para armazenagem dos resíduos (m²) _____

Qual destino dos resíduos armazenados?

ii. Possui área para armazenagem de resíduos Classe C _____ (m²)Sim Não Adequada Inadequada

Área Total para armazenagem dos resíduos (m²) _____

Qual destino dos resíduos armazenados?

iii. Possui área para armazenagem de resíduos Classe D _____ (m²)

Sim Não Adequada Inadequada

Área Total para armazenagem dos resíduos (m²) _____

Qual destino dos resíduos armazenados?

iv. Possui área para armazenagem para outros resíduos _____ (m²)

Sim Não Adequada Inadequada

Área Total para armazenagem dos resíduos (m²) _____

Qual destino dos resíduos armazenados?

B. CONDIÇÕES DE PROJETO

5. Equipamentos/Processamento

a. Triagem

- i. Os RCC são dispostos em área de triagem separados por tipo de obra que o originou
- ii. Os RCC são dispostos juntos, independente da origem
-

b. Separação

i. Possui peneira com malha abertura ABNT (mm) (pol.)

Peneira abertura ABNT _____ (mm) (pol.)

Peneira abertura ABNT _____ (mm) (pol.)

Peneira abertura ABNT _____ (mm) (pol.)

ii. Possui pré-beneficiamento (peneiramento)

Sim Não Adequado Inadequado

Obs.: _____

iii. Possui triagem manual

Sim Não Adequado Inadequado

Obs.: _____

iv. Possui triagem mecânica

Sim Não Adequado Inadequado

Obs.: _____

v. Possui triagem magnética

Sim Não Adequado Inadequado

Obs.: _____

vi. Possui sistema de Lavagem do produto

Sim Não Adequado Inadequado

Obs.: _____

vii. Possui equipamento dosador de agregados para mistura proporcionada

Sim Não Adequado Inadequado

Obs.: _____

c. Tipo de Beneficiamento

i. Possui equipamento móvel Sim Não

ii. Possui equipamento fixo Sim Não

iii. Possui equipamento fixo e móvel Sim Não

d. Tipo de Equipamento de Redução

Possui Britador de mandíbula Possui Cone de britagem

Possui Moinho de Martelo/Britador de cilindros Possui Britador de impacto

Possui Moinho de rolo

Obs.: _____

e. Quais fatores determinaram a escolha dos equipamentos de beneficiamento da usina?

f. Os equipamentos de beneficiamento apresentam-se como:

i. Adequados Inadequados

Por quê?

6. Isolamento e sinalização

a. Cercada e isolada

i. Possui cerca ou isolamento evitando acesso de terceiros a usina

Sim Não Adequado Inadequado

b. Controle de acesso

i. Possui guarita independente para acesso de carga e pessoal

Sim Não Adequado Inadequado

ii. Possui guarita conjunta para acesso de carga e pessoal

Sim Não Adequado Inadequado

iii. Possui guarita para acesso de carga para inspeção prévia da matéria prima

Sim Não Adequado Inadequado

c. Anteparos de proteção

i. Possui proteção para minimizar emissão de poeira na circunvizinhança

Sim Não Adequado Inadequado

ii. Possui proteção para atenuar ventos dominantes

Sim Não Adequado Inadequado

iii. Possui proteção estética arbustiva no perímetro da instalação

Sim Não Adequado Inadequado

7. Equipamentos de segurança

a. Proteção Individual

i. Possui equipamentos de proteção coletiva

ii. Possui equipamentos de proteção individual

iii. Possui sinalização de segurança

b. Controle de vibração

i. Possui dispositivo para redução de vibração

Sim Não Adequado Inadequado

Quais? _____

c. Ruído

i. Possui dispositivo para minimização de ruído

Sim Não Adequado Inadequado

Quais? _____

d. Poluentes atmosféricos

i. Possui dispositivo para retenção de emissões atmosféricas

Sim Não Adequado Inadequado

Quais? _____

C. CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO

8. Recursos Humanos

a. Quantos postos de trabalho existem na usina Quant.

b. Foi realizado treinamento da equipe de trabalho

Sim Não Adequado Inadequado

c. Qualificação da equipe de trabalho

i. <input type="checkbox"/> Possui curso profissionalizante nível básico	Quant.
ii. <input type="checkbox"/> Possui curso profissionalizante nível médio	Quant.
iii. <input type="checkbox"/> Possui curso profissionalizante nível superior	Quant.
iv. <input type="checkbox"/> Não possui curso profissionalizante	Quant.

d. Qual período de operação da usina

i. _____ Horas/dia

e. Emergências

i. Foi realizado treinamento de primeiros socorros

Sim Não Adequado Inadequado

ii. Foi realizado treinamento de combate a incêndio

Sim Não Adequado Inadequado

9. Recebimento

a. Origem da matéria prima

i. A matéria prima possui CTR⁴¹ Sim Não

ii. A matéria prima é vistoriada ainda no veículo de transporte Sim Não

iii. A matéria prima tem origem⁴² identificada Sim Não

b. Volume diário

i. Como é feita a identificação do volume de RCC entregue na usina?

ii. Essa identificação é adequada? Por quê?

iii. Qual o volume médio diário de RCC recebido na usina?

c. Controle de contaminantes (presença de madeira, metais, plástico, papelão)

i. Os RCC são declarados contaminados pelos funcionários da usina

ii. Os RCC são declarados contaminados pelo transportador do RCC

Obs.:

d. Existem condições de não aceitação dos RCC

⁴¹ **Controle de Transporte de Resíduos (CTR):** Documento emitido pelo transportador de resíduos, que fornece informações sobre gerador, origem, quantidade e descrição dos resíduos e seu destino, conforme diretrizes contidas no anexo A. (ABNT, 2004b)

⁴² Com relação a Construções Novas; Reformas e Ampliações; Demolições, Movimentação de terra entre outros

10. Produto Gerado

- a. Produção diária _____ (t/h) (m³) Tipo _____ (mm) (pol.)
- b. Produção diária _____ (t/h) (m³) Tipo _____ (mm) (pol.)
- c. Produção diária _____ (t/h) (m³) Tipo _____ (mm) (pol.)
- d. Produção diária _____ (t/h) (m³) Tipo _____ (mm) (pol.)
- e. Produção diária _____ (t/h) (m³) Tipo _____ (mm) (pol.)
- f. Produção diária _____ (t/h) (m³) Tipo _____ (mm) (pol.)
- g. Tipos

i. Marcar com (X) os diâmetros produzidos . Diâmetros diferentes escrever na linha abaixo.

Classificação	Brita 04			Brita 03		Brita 02		Brita 01			Brita 00	
	Diâmetro (mm) ABNT nº 7211/2004	76	64	50	38	32	25	19	12,,5	9,5	6,3	4,75
Agregado reciclado produzido (Graúdo)												

Classificação			Média				Muito Fina	
			Grossa		Fina			
Diâmetro (mm) ABNT nº 7211/2004	9,5	6,3	4,75	2,36	1,18	600	300	150
Agregado reciclado produzido (Miúdo)								

ii. Terminologia utilizada para o produto das usinas na hora da comercialização

h. Controle de qualidade

- i. Possui controle de qualidade do produto. Anotar na tabela os ensaios realizados.

Requisitos para agregado reciclado destinado ao preparo de concreto sem função estrutural

Propriedades		Agregado Reciclado Classe A				Normas de ensaio		Controle da Usina	
		ARC		ARM					
		Graúdo	Miúdo	Graúdo	Miúdo	Agregado Graúdo (AG)	Agregado Miúdo (AM)	AG	AM
Teor de fragmentos de cimento e rocha (%)		>90	-	<90	-	Anexo A NBR 15 116	-		
Absorção de água (%)		<7	<12	<12	<17	NBR NM 53	NBR NM 30		
Contaminantes – Teores máximo em relação à massa do agregado reciclado (%)	Cloretos	1				NBR 9917			
	Sulfatos	1				NBR 9917			
	Material não mineral	2				Anexo A NBR 15 116	Anexo B NBR 15 116		
	Torrões de argila	2				NBR 7218			
	Teor total máximo de contaminantes	3				-			
Teor de material passante na malha 75 µm (%)		<10		<15%		<10 %	<20 %	NBR NM 46	
A NBR nº 15 116/2004 considera como materiais não minerais: madeira, betume, materiais carbonizados, vidros e vidrados cerâmicos									

Fonte: (ABNT, 2004b)

i. Consumo de energia elétrica para produção do agregado

- I. Consumo mensal em kW/h x produção mensal _____
- II. Média Trimestral em kW/h x produção média trimestral _____
- III. Média Semestral em kW/h x produção média semestral _____
- IV. Consumo anual em kW/h x produção média anual _____

11. Mercado Consumidor

a. Armazenagem produto

- i. Possui acondicionamento em silo
- ii. Possui acondicionamento em baias protegidas
- iii. Possui acondicionamento a céu aberto

- iv. Separados por granulometria
- v. Separados por grau de contaminação
- vi. Não são separados
- vii. Capacidade máxima da área de armazenagem
_____ m³
- viii. Volume comercializado diário/mensal _____ m³

b. Acondicionamento para transporte

- i. Possui acondicionamento em 'bag'
- ii. A granel

c. Transporte

- i. Caçamba basculante
- ii. Caminhões comuns
- iii. Pá carregadeira

d. Consumidor. O produto é destinado a:

- i. Comercializado com revendedores de materiais de construção
 - ii. Comercializado com pessoa física na própria usina
 - iii. Utilizado pela administração municipal
 - iv. Comercializado com pessoa jurídica na própria usina
 - v. Outros.
- _____

e. Controle de satisfação do produto

- i. Possui pesquisa de satisfação do cliente quanto ao agregado reciclado.
- ii. Já houve notificação de insatisfação quanto à qualidade do agregado.

Obs. _____

APÊNDICE C

Macro Fluxo do Processo de Beneficiamento do Resíduo da Construção Civil Usinas da Região Nordeste do Brasil - USINA 'A'

1ª Etapa da Produção

Recepção e análise visual dos
resíduos recebidos;



Guarita de acesso a Área de Remediação
Secundária da CTR – Petrolina.



Chegada de caminhão com resíduo de
terraplenagem.



Acesso as dependências da Área de
Remediação da CTR – Petrolina.



Pesagem do caminhão com a carga e
Inspeção.

Macro Fluxo do Processo de Beneficiamento do Resíduo da Construção Civil
Usinas da Região Nordeste do Brasil - USINA 'A'

2ª Etapa da Produção

Disposição em áreas para triagem



Caminhão Poliguindaste com RCC em via de acesso interna para área de disposição.



Manobra na área destinada a disposição e triagem.



Disposição do RCC para posterior triagem.



Macro Fluxo do Processo de Beneficiamento do Resíduo da Construção Civil
Usinas da Região Nordeste do Brasil - USINA 'A'

3ª Transporte Interno

Triagem e retirada de contaminantes
dos resíduos



Área destinada a triagem (1).



Área de triagem em frente à rampa de acesso
para a mesa vibratória da unidade de
britagem.



RCC triado em período anterior.

Macro Fluxo do Processo de Beneficiamento do Resíduo da Construção Civil
Usinas da Região Nordeste do Brasil - **USINA 'A'**

4ª Beneficiamento

Manejo, estocagem e expedição
de rejeitos para alimentação
do núcleo de reciclagem



Os resíduos de madeira são triturados e destinados a área de compostagem para cobertura.



Resíduo triado sem beneficiamento sendo carregado em caminhão.



Operação de espalhamento para cobertura com resíduo da unidade de beneficiamento de entulho para cobertura e aterro.



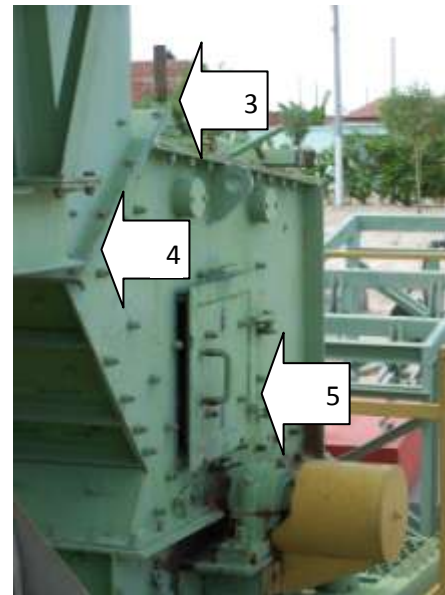
Macro Fluxo do Processo de Beneficiamento do Resíduo da Construção Civil
Usinas da Região Nordeste do Brasil - USINA 'A'

5ª Redução

Processamento dos resíduos



Bandeja vibratória e armazenagem de resíduo para alimentação do britador localizado abaixo em 2.



Britador de martelo. No ponto 3, encontra-se o ajuste para o desgaste dos martelos. Em 4, tem-se o nível de entrada do resíduo. Em 5, tem-se a porta de acesso aos martelos e êmbolo do britador para manutenção.



Macro Fluxo do Processo de Beneficiamento do Resíduo da Construção Civil
Usinas da Região Nordeste do Brasil - USINA 'A'

5ª Redução

Processamento dos resíduos



Separação de material fino, menor que 5cm retido na bandeja de vibração e não britado.



Conexão entre correias de transferência do material britado para elevação e transferência do agregado até o peneirador. Abaixo peneira suspensa.



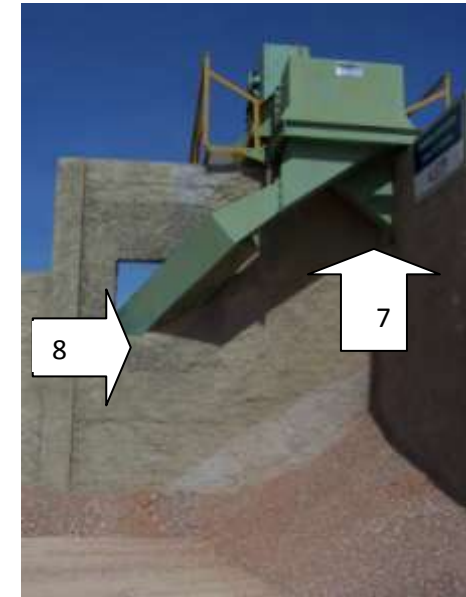
Macro Fluxo do Processo de Beneficiamento do Resíduo da Construção Civil
Usinas da Região Nordeste do Brasil - USINA 'A'

5ª Peneiramento

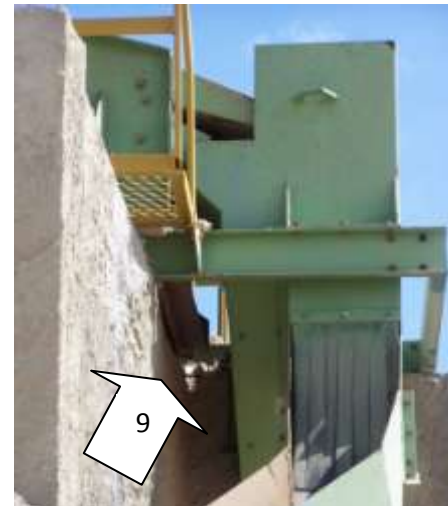
Processamento dos resíduos



Peneira suspensa. Em 6, tem-se o ponto de saída do material retido na parte superior da peneira >25 mm.



Acima tem-se a parte posterior da peneira com os dutos de coleta de duas peneiras (7 e 8). Ao lado, detalhe da saída do duto e ponto de queda de uma das peneiras (9).



Macro Fluxo do Processo de Beneficiamento do Resíduo da Construção Civil
Usinas da Região Nordeste do Brasil - **USINA 'A'**

6ª Estocagem

Retirada de contaminantes
(impurezas metálico-ferrosas e outras)



Agregado reciclado > 25 mm com presença significativa de resíduo classe "B".



Separador magnético sobre correia de transferência de material britado.



Madeira triturada a partir do RCC segregado na unidade de beneficiamento de entulho e encaminhada para estufa e compostagem.

Macro Fluxo do Processo de Beneficiamento do Resíduo da Construção Civil
Usinas da Região Nordeste do Brasil - USINA 'A'

7ª Pilhas de Agregados - Armazenagem



Armazenagem do agregado reciclado em pilhas a céu aberto.



Armazenagem de agregado reciclado de granulometrias diferentes a céu aberto.



Armazenagem provisória de agregado reciclado sob peneira.



Macro Fluxo do Processo de Beneficiamento do Resíduo da Construção Civil
Usinas da Região Nordeste do Brasil - USINA 'A'

8ª Destinação Final



Pavimentação feita com piso intertravado confeccionado com agregado reciclado da unidade de beneficiamento de entulho.



Utilização de agregado reciclado como cobertura em aterro controlado.



Piso intertravado e guia para meio fio fabricado com agregado reciclado da unidade de beneficiamento de entulho.



Macro Fluxo do Processo de Beneficiamento do Resíduo da Construção Civil
em Usinas da Região Nordeste do Brasil - **USINA 'B'**

FLUXO DO PROCESSO PRODUTIVO

1ª Etapa da Produção

Recepção e análise visual dos
resíduos recebidos;



Figura 1. Acesso de matéria prima



PROCESSO IDEALIZADO

Vista posterior do portão de entrada. A guarita elevada serve para vistoria do resíduo, bem como ponto observação para segurança do local.



Irrigador para molhagem do resíduo. Balança eletrônica para controle de entrada.



PROCESSO EVIDENCIADO

Resíduo sendo entregue na área de triagem da usina sem previa vistoria do fiscal da unidade.

Macro Fluxo do Processo de Beneficiamento do Resíduo da Construção Civil
em Usinas da Região Nordeste do Brasil - USINA 'B'

2ª Etapa da Produção

Disposição em áreas para triagem



Retirada da lona de cobertura do veículo.



Acionamento da caçamba do veículo para disposição do resíduo. Precipitação de poeira e mistura dos resíduos em virtude do deslocamento para disposição.



Movimentação interna após disposição do resíduo.

Macro Fluxo do Processo de Beneficiamento do Resíduo da Construção Civil
em Usinas da Região Nordeste do Brasil - **USINA 'B'**

3ª Transporte Interno

Triagem e retirada de contaminantes
dos resíduos



Área de estocagem de resíduo.



Triagem de materiais para reuso.



Materiais separados por natureza e destinados a
reutilização.

Macro Fluxo do Processo de Beneficiamento do Resíduo da Construção Civil
em Usinas da Região Nordeste do Brasil - **USINA 'B'**

4ª Beneficiamento

Manejo, estocagem de
de rejeitos. Alimentação
do núcleo para reciclagem



Armazenagem temporária para metais ferrosos.



Armazenagem temporária para plásticos.



Armazenagem temporária para resíduos
destinados a reuso.

Macro Fluxo do Processo de Beneficiamento do Resíduo da Construção Civil
em Usinas da Região Nordeste do Brasil - USINA 'B'

5ª Processamento

Entrada



PROCESSO INFORMADO

O RCC é transportado por pá carregadeira até a bandeja vibratória.



Bandeja vibratória com revestimento para redução de ruído.

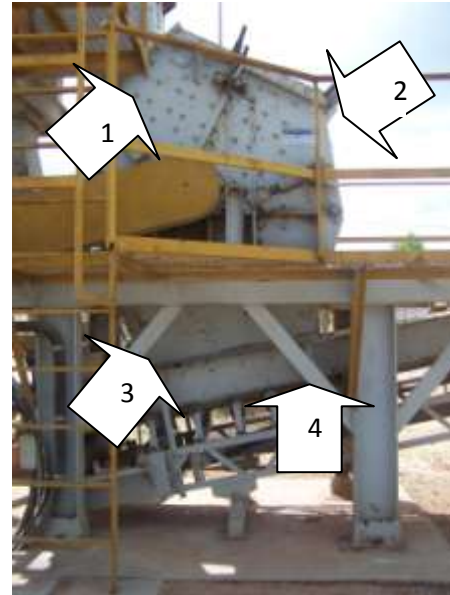


Grelha próxima ao ponto de saída da bandeja vibratória. Ponto de separação das partículas com dimensão inferior a 5 cm.

Macro Fluxo do Processo de Beneficiamento do Resíduo da Construção Civil
em Usinas da Região Nordeste do Brasil - USINA 'B'

5ª Processamento

Redução



Britador de martelo. Ponto de entrada (1), êmbolo com os martelos de cominuição (2), Ponto de saída (3), Correia de transporte de agregados (4).



Saída de agregado em esteira rolante, ponto de pulverização de água para redução de pó



Macro Fluxo do Processo de Beneficiamento do Resíduo da Construção Civil
em Usinas da Região Nordeste do Brasil - **USINA 'B'**

5ª Beneficiamento

Retirada de contaminantes
(impurezas ferrosas e outras)



Separador magnético com correia. Separação de partículas ferrosas.



Abrigo coberto para operários que separam madeira, plástico e papéis que não tenham sido retirados previamente



Macro Fluxo do Processo de Beneficiamento do Resíduo da Construção Civil
em Usinas da Região Nordeste do Brasil - **USINA 'B'**

6ª Transporte

Ponto de transferência para elevação do agregado



Saída do ponto de elevação do agregado beneficiado. Aspensor para pulverização de água, dispositivo de redução de pó



Correia de transmissão de agregado para ponto mais elevado. Aumenta capacidade de armazenamento durante a produção



Pontos de saída do material de dimensão inferior a 5 cm (1). Ponto de saída de agregado reciclado (2).

Macro Fluxo do Processo de Beneficiamento do Resíduo da Construção Civil
em Usinas da Região Nordeste do Brasil - **USINA 'B'**

7ª Armazenagem

Formação de pilhas de
agregado reciclado

Estocagem



Pilhas de agregado separadas por tamanho do grão.



Separação entre pilhas de agregado reciclado.



Pilhas de agregado reciclado estocada para comercialização.

Macro Fluxo do Processo de Beneficiamento do Resíduo da Construção Civil
em Usinas da Região Nordeste do Brasil - **USINA 'B'**

8ª Produtos gerados



Pedrisco



Bica corrida



Pedra 01

Macro Fluxo do Processo de Beneficiamento do Resíduo da Construção Civil
em Usinas da Região Nordeste do Brasil - **USINA 'C'**

1ª Etapa da Produção

Recepção e análise visual dos
resíduos recebidos



Entrada de veículo carregado com RCC.



Retirada da lona de cobertura para vistoria
visual do RCC.



Funcionário realizando vistoria da carga.

Macro Fluxo do Processo de Beneficiamento do Resíduo da Construção Civil
em Usinas da Região Nordeste do Brasil - **USINA 'C'**

2ª Etapa da Produção

Disposição em áreas para triagem



Posicionamento do veículo para disposição na área de armazenagem para posterior triagem. A caixa 1 contém resíduo “classe B”.



Carga de RCC “classe B” que é desviada para disposição em área diferenciada.

Macro Fluxo do Processo de Beneficiamento do Resíduo da Construção Civil
em Usinas da Região Nordeste do Brasil - USINA 'C'

3ª Transporte Interno

Espalhamento do resíduo na área de triagem
para retirada de contaminantes



Distribuição de resíduo na área de triagem.



Precipitação de pó durante a distribuição
de resíduo.



Resíduo espalhado na área de triagem.

Macro Fluxo do Processo de Beneficiamento do Resíduo da Construção Civil
em Usinas da Região Nordeste do Brasil - USINA 'C'

4ª Beneficiamento

Manejo, estocagem e expedição
de rejeitos para alimentação
do núcleo de reciclagem



Triagem manual para separação de papel, aço,
plástico e madeira.



Redução de blocos maiores que 40 cm de
diâmetro médio.



Armazenagem de resíduos separados para
encaminhamento ao aterro metropolitano de
João Pessoa.



Macro Fluxo do Processo de Beneficiamento do Resíduo da Construção Civil
em Usinas da Região Nordeste do Brasil - USINA 'C'

5ª Redução

Processamento dos resíduos



Britador de martelo em operação. Presença de material pulverulento.



Peneira para separação de agregado reciclado em granulometrias diferente. Separação por alvenaria.



Material triturado, peneirado e formando pilha de armazenagem.



Macro Fluxo do Processo de Beneficiamento do Resíduo da Construção Civil
em Usinas da Região Nordeste do Brasil - USINA 'C'

6ª Estocagem

Retirada de contaminantes
(impurezas metálico-ferrosas e outras)



Separador magnético, resíduos dispostos provisoriamente no chão. O equipamento requer um operador para retirada do aço preso ao imã.



Posto do operador que é responsável pela separação de resíduos não triados anteriormente.



Macro Fluxo do Processo de Beneficiamento do Resíduo da Construção Civil
em Usinas da Região Nordeste do Brasil - USINA 'C'

7ª Comercialização

Formação de pilhas de
agregado reciclado



Pilha de agregado reciclado formada pela esteira de transporte.



À esquerda, pilha de agregado com diâmetro médio inferior a 5 cm (resíduos triados antes do britador por malha existente ao final da bandeja de vibração). Acima, espalhamento do agregado reciclado durante britamento.



Macro Fluxo do Processo de Beneficiamento do Resíduo da Construção Civil em Usinas da Região Nordeste do Brasil - USINA 'C'

8ª Expedição

Transporte para destinação final.
Secretaria de Infraestrutura e Emlur



Carregamento de veículo de transporte com retro-escavadeira.



Disposição de agregado reciclado na caçamba do veículo.



Macro Fluxo do Processo de Beneficiamento do Resíduo da Construção Civil
em Usinas da Região Nordeste do Brasil - USINA 'C'

8ª Expedição

Transporte para destinação final.
Secretaria de Infraestrutura e Emlur



Cobertura do agregado reciclado na
área destinada ao recuo de acesso da
usina.



Saída do veículo da área do britamento.



Caminhão com carga descoberta até a área
da entrada da usina.

Macro Fluxo do Processo de Beneficiamento do Resíduo da Construção Civil
em Usinas da Região Nordeste do Brasil - USINA 'D'

FLUXO DO PROCESSO PRODUTIVO

1ª Etapa da Produção

Recepção e análise visual dos
resíduos recebidos



Entrada de veículo de carga ou poliguindaste, entrega da Guia Controle de Transporte de Resíduos. A guia é encaminhada ao escritório para carimbo e recolhimento de uma via.



Área de estacionamento para retirada da lona que cobre a carga dos veículos.



Saída do veículo para área de disposição.



Macro Fluxo do Processo de Beneficiamento do Resíduo da Construção Civil
em Usinas da Região Nordeste do Brasil - **USINA 'D'**

2ª Etapa da Produção

Disposição em áreas para triagem



Área de disposição destina aos resíduos das empresas de transporte por veículos poliguindastes.



Área de disposição para veículos caçambas com resíduos de solo, concreto e materiais betuminosos.



Ao fundo, veículo disposto resíduo. Na parte inferior, veículo à espera do carregamento com agregado reciclado “solo-brita”.



Macro Fluxo do Processo de Beneficiamento do Resíduo da Construção Civil
em Usinas da Região Nordeste do Brasil - **USINA 'D'**

3ª Transporte Interno

Triagem e retirada de contaminantes
dos resíduos



Pá carregadeira com resíduo para ser espalhado em
área de triagem.



Operação de espalhamento do resíduo.



Triagem de resíduos de madeira, aço e papelão.



Macro Fluxo do Processo de Beneficiamento do Resíduo da Construção Civil em Usinas da Região Nordeste do Brasil - USINA 'D'

4ª Beneficiamento

Manejo, estocagem e expedição
de rejeitos para alimentação
do núcleo de reciclagem



Reuso dos aços retirados



Redução dos resíduos com tamanho superior a 40
cm de diâmetro médio e triagem manual.



Acondicionadores de resíduos.



Pilhas de armazenagem de resíduos triados.

Macro Fluxo do Processo de Beneficiamento do Resíduo da Construção Civil
em Usinas da Região Nordeste do Brasil - USINA 'D'

5ª Acondicionamento

Processamento dos resíduos



Alimentação do britador com resíduos triados.



Esteira de saída do britador com material reduzido.



Triagem de resíduos presentes no material reduzido.



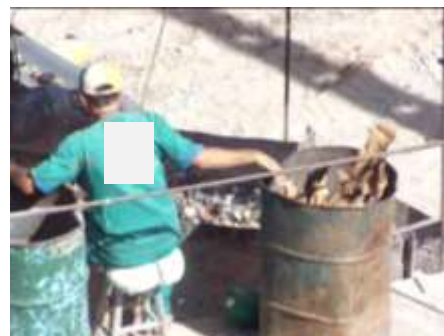
Macro Fluxo do Processo de Beneficiamento do Resíduo da Construção Civil
em Usinas da Região Nordeste do Brasil - USINA 'D'

6ª Estocagem

Retirada de contaminantes
(impurezas metálico-ferrosas e outras)



Área de triagem após britador. Peneiramento do material com diâmetro superior a 5 cm.



Separação de papelão à direita e, à esquerda, metais. Acondicionamento temporário.



Operação de retirada de resíduos dos acondicionadores da área de triagem.

Macro Fluxo do Processo de Beneficiamento do Resíduo da Construção Civil
em Usinas da Região Nordeste do Brasil - **USINA 'D'**

7ª Comercialização

Formação de pilhas de
agregado reciclado e Material para reuso



Pilha de agregado reciclado “solo-brita” e agregado reciclado “brita 1/2”.



Pilha de resíduo de obras de terraplenagem para reuso na fabricação de tijolo ecológico.



Pilhas de resíduo de pedra calcária para reuso em pavimentação.

Macro Fluxo do Processo de Beneficiamento do Resíduo da Construção Civil
em Usinas da Região Nordeste do Brasil - **USINA 'D'**

7ª Comercialização

Estocagem em pilhas



Pilha de pedra natural para redução e produção de Brita 01 e Brita 1/2''.



Pilha de resíduo para reuso na fabricação de tijolo ecológico.



Pilhas de agregados reciclados para comercialização.



Macro Fluxo do Processo de Beneficiamento do Resíduo da Construção Civil
em Usinas da Região Nordeste do Brasil - **USINA 'D'**

8ª Comercialização

Manuseio interno para carregamento de veículos



Nivelamento da carga e posterior cobertura



Pá carregadeira com agregado reciclado “solo-brita” para disposição em veículo.



Operação de carregamento de veículo com agregado reciclado (volume aproximado de 12m³).



Finalização da operação de carregamento com operário sobre o veículo para preenchimento e nivelamento da carga disposta.

Macro Fluxo do Processo de Beneficiamento do Resíduo da Construção Civil
em Usinas da Região Nordeste do Brasil - **USINA 'D'**

10ª Comercialização

Identificação e expedição



Entrega de guia de identificação do material comercializado. Devolução de via para faturamento junto à empresa compradora.



Saída de veículo com agregado reciclado comercializado.



Via de saída dos veículos que transitam na usina.

Macro Fluxo do Processo de Beneficiamento do Resíduo da Construção Civil
em Usinas da Região Nordeste do Brasil - **USINA 'D'**

10ª Produtos Comercializados



APÊNDICE – D

Síntese qualitativa da avaliação das usinas de reciclagem de RCC da região nordeste

Diretrizes Observadas		Usina A	Usina B	Usina C	Usina D	
Implantação	Localização	Emissão de Pó	Sistema pulverização na usina	Chuveiro para caminhão Sistema de pulverização Aspersores no entorno da armazenagem	Sistema de pulverização na usina	Chuveiro nas vias de acesso
		Cerca Vegetal	Sabiá, eucalipto	Eucalipto, vegetação nativa	Eucalipto, pouca vegetação nativa	Vegetação nativa
		Hidrologia Local	Sobre lençol freático contaminado	Distância superior a 200 metros	Área com presença de córrego contaminado	Área com córrego perene e vegetação preservada
		Aceitação Popular	Estratégia de convivência	Estratégia de convivência	Estratégia de convivência	Sem notificação de incômodo
	Terreno	<i>Fatores da Escolha</i>	Remediação de área, Econômico, legal	Valor para aquisição e disponibilidade para compra, econômico, legal	Remediação de área, econômico, legal	Disponibilidade para aquisição, emissão de pó de empresa vizinha, econômico e legal
		Acesso, Isolamento e sinalização	Acesso em terra batida, sem sinalização adequada	Acesso em terra batida, sem sinalização adequada	Pavimentação com trecho em terra batida, sinalização retirada – ampliar armazenagem	Estrada pavimentada e sinalizada para veículo de carga
Análise - Resumo		Usina A	Usina B	Usina C	Usina D	
Emissão de Pó		Atende parcial	Atende	Atende parcial	Atende parcial	
Cerca Vegetal		Não atende	Não atende	Não atende	Atende	
Hidrologia Local		Não atende	Atende	Não atende	Atende	
Aceitação Popular		Não atende	Não atende	Não atende	Atende	
<i>Fatores da Escolha</i>		Não atende	Não atende	Não atende	Não atende	
Acesso		Não atende	Não atende	Não atende	Atende	
Isolamento e sinalização		Atende	Atende	Atende parcial	Atende	

Síntese qualitativa da avaliação das usinas de reciclagem de RCC da região nordeste (continuação)

Diretrizes Observadas		Usina A	Usina B	Usina C	Usina D	
Operação	Recebimento e Armazenagem	Vistoria	Visual, realizada na coleta do RCC	Visual, realizada na coleta do RCC	Visual, no pátio da usina	Visual, no pátio da usina
		Controle	Peso	Volume	Volume	Volume
		CTR	Não cobra	Não cobra	Obrigatória, mas emite	Obrigatória, mas emite
	Pré-beneficiamento	Manual ou mecânico	Não existe	Não existe	Não existe	Não existe
	Triagem	Manual	Obrigatória	Obrigatória	Obrigatória	Obrigatória
		Mecânico	Não existe	Não existe	Não existe	Não existe
		Magnética	Após redução	Após redução	Após redução	Após redução
	Britador	Tipo	Impacto	Impacto	Impacto	Mandíbula
		Produção	20 t/h	40 t/h	20 t/h	50 t/h
		Peneiras	25,4 mm; 9,52 mm 4,8 mm	25,4 mm; 9,52 mm 4,8 mm	25,4 mm; 9,52 mm 4,8 mm	25 mm; 12,5 mm
	Máquinas e Equipamentos	Pá carregadeira	01	01	01	01
		Caminhões Poli	01	00	00	00
		Mesa Vibratória	01	00	00	00
		Betoneira	01	00	00	00
Análise - Resumo		Usina A	Usina B	Usina C	Usina D	
Vistoria		Atende	Atende	Não atende	Não atende	
Controle		Atende	Atende	Não atende	Não atende	
CTR		Não atende	Não atende	Atende parcial	Atende parcial	
<i>Pré-beneficiamento manual ou mecânico</i>		Não atende	Não atende	Não atende	Não atende	
Triagem Manual		Atende	Atende	Atende parcial	Atende parcial	
<i>Triagem Mecânica</i>		Não Atende	Não Atende	Não Atende	Não Atende	
Triagem Magnética		Atende	Atende	Atende	Atende	
Britador (tipo, produção, peneiras)		Atende	Atende	Atende	Atende	
Pá carregadeira		Não atende	Não atende	Não atende	Não atende	
Caminhões Poli, Mesa Vibratória, Betoneira		Não atende	Atende	Atende	Atende	

Síntese qualitativa da avaliação das usinas de reciclagem de RCC da região nordeste (continuação)

Diretrizes Observadas			Usina A	Usina B	Usina C	Usina D
Matéria Prima, Produto e Resíduos	Matéria Prima	Pavimentação	São dispostos conjuntamente	São dispostos conjuntamente	São dispostos conjuntamente	São dispostos conjuntamente
		Argamassa				
		Concreto				
	Agregado Reciclado	<i>Terminologia</i>	Agregado Reciclado, Pedra 1 Reciclada, Pedrisco Reciclado, Areia Reciclada	Brita 02, Brita 01, Brita 00, Pó de pedra.	Rachão, Brita 19, Cascalhinho, Pó de Brita	Brita 25. Brita 12,5
			Rachão, Pedra 1, Pedrisco, Bica Corrida	Bica Corrida, Bica Fixa	Solo Brita	
	<i>Armazenagem</i>	<i>Protegida</i>	Não existe	Não existe	Não existe	Não existe
		A céu aberto	Separada por granulometria	Pilhas de ARC, por granulometria. Pilhas de ARM	Leira de ARM	Leira de ARM
	Resíduos gerados	Classe B	Disposição em células de inertes	Tonéis metálicos e baias	Pilhas de resíduos	Pilhas de resíduos
		Classe C	Disposição em células de inertes	Tonéis metálicos e baias	Pilhas de resíduos	Pilhas de resíduos
	Análise - Resumo			Usina A	Usina B	Usina C
Pavimentação			Não atende	Não atende	Não atende	Não atende
Argamassa						
Concreto						
Terminologia			Não atende	Não atende	Não atende	Não atende
Protegida			Não atende	Não atende	Não atende	Não atende
A céu aberto			Atende parcial	Atende parcial	Não atende	Não atende
Classe B			Atende	Atende	Não atende	Não atende
Classe C			Atende	Atende	Não atende	Não atende

APÊNDICE - E

Interferências das usinas de reciclagem de RCC na qualidade do agregado reciclado

Interferências			Nível de Influência - Qualidade do Agregado					
			Não afeta	Afeta		Reversível	Irreversível	Não se Aplica
				Positivamente	Negativamente			
EXTERNAS	Entrada	Energia	Consumo de Energia	A elevação do consumo de energia afeta positivamente, reduzindo o teor de impureza do AR através dos processos de segregação dos contaminantes, pelo peneiramento e lavagem sucessivos. Isso positivamente reduz os finos presentes, uniformizando a composição e a massa específica. O consumo energético pode ser menor na medida inversa da uniformidade da matéria prima a reciclar. É possível o emprego de energias alternativas.				
		Matéria Prima	Uniformidade da Matéria Prima	Afeta positivamente o AR através da uniformidade da composição. Padroniza a aplicação dos ARs por tipo de matéria prima, o que interfere positivamente na qualidade final do AR produzido.				
			Capacidade de Geração (Volume)	Afeta negativamente pela incerteza do fornecimento de RCC adequado para a produção de AR e garantia do abastecimento do mercado consumidor dos materiais recicláveis de agregado reciclado (TAM, 2007). "Aplica-se a capacidade de produção de Agregado reciclado"				
			Classe A (a)	Afeta negativamente a composição (reduzindo qualidade) pela possibilidade de mistura dos resíduos de 'construção', 'demolição', 'reformas e reparos de pavimentação', e 'infraestrutura'. Mistura de constituintes: solos, betumes, cerâmicas, madeiras, plásticos, entre outros. Aumenta teor de impureza, finos presentes, afeta negativamente a porosidade, massa específica (heterogênea), composição disforme. A presença de betume reduz a utilização do AR para aplicação em pavimentação asfáltica (LEITE, 2001, p.26). Irreversível.				
			Classe A (b)	Afeta negativamente a qualidade pela possibilidade de mistura dos resíduos de 'construção', 'demolição', 'reformas e reparos de edificações'. Mistura de constituintes: cerâmicas, placas cerâmicas, argamassas e concretos. Afeta negativamente o teor de impureza e os finos presentes após a cominuição. Torna a massa específica menor, influencia negativamente a porosidade, a absorção de água e a composição torna-se relativamente disforme. Irreversível.				
			Classe A (c)	Afeta negativamente a granulometria pela heterogeneidade da matriz dos concretos cominuidos. A composição tende a ser mais uniforme, sem presença de contaminantes. Afeta positivamente o teor de impureza pela reduzida chance de contaminantes. Afeta negativamente através da presença de finos em função da redução da argamassa dos concretos. Afeta negativamente a forma pela heterogeneidade dos concretos.				
	Transporte	Distância de Transporte	"Aplica-se a custo de produção do agregado reciclado"					

Interferências das usinas de reciclagem de RCC na qualidade do agregado reciclado (continuação)

Interferências			Nível de Influência - Qualidade do Agregado					
			Não afeta	Afeta		Reversível	Irreversível	Não se Aplica
				Positivamente	Negativamente			
Internas	Processamento	Localização	Proximidade de Centros Urbanos	Afeta positivamente o custo final do produto. Afeta positivamente na produção pela capacidade de geração através da densidade populacional da região (HENDRIKS, 2000). Reduz tempo de transporte do AR (TAM, 2007)				
			Aceitação Popular	Afeta positivamente na reciclagem, trazendo sucesso para a atividade (HENDRIKS, 2000). Afeta negativamente através da redução da qualidade do RCC entregue para beneficiamento (matéria prima não segregada). Afeta positivamente o consumo de materiais reciclados.				
			Vias de Acesso	Afeta positivamente as possibilidades de sucesso para a reciclagem. Aumentam as possibilidades de fornecimento de matéria prima e escoamento da produção.				
			Geração de Ruído	Afeta critérios de aceitação e sucesso da atividade de reciclagem.				
			Emissão de Pó	Afeta critérios de aceitação e sucesso da atividade de reciclagem.				
	Capacidade de Produção	Área de Armazenagem - Matéria Prima	Afeta positivamente a massa específica, a granulometria, o teor de impurezas e a composição pela não contaminação com outras matérias primas. Possibilita o reuso das grandes peças de concreto para arrimo, matacão, entre outros.					
		Controle de Recebimento Matéria Prima	Afeta positivamente na identificação da matéria prima, permitindo a armazenagem pela composição, granulometria, teor de impurezas, porosidade, finos presentes, massa específica.					
		Triagem	Afeta positivamente na identificação da matéria prima, permitindo a armazenagem pela composição, granulometria, teor de impurezas, porosidade, finos presentes, massa específica.					
		Capacidade de Cominuição	Afeta critérios de aceitação, sucesso da atividade de reciclagem, abastecimento do mercado consumidor.					

Interferências das usinas de reciclagem de RCC na qualidade do agregado reciclado (continuação)

Interferências			Nível de Influência - Qualidade do Agregado					
			Não afeta	Afeta		Reversível	Irreversível	Não se Aplica
				Positivamente	Negativamente			
Internas	Processamento	Capacidade de Produção	Área de Armazenagem dos Produtos	Afeta positivamente a massa específica, a granulometria, o teor de impurezas e a composição pela não contaminação com outros agregados. Possibilita o reuso das grandes peças de concreto para arrimo, matacão, entre outros.				
			Acondicionamento	Afeta positivamente a massa específica, a granulometria, o teor de impurezas, e a composição pela não contaminação com outros agregados. Possibilita a 'certificação dos agregados reciclados'. Afeta o custo final dos produtos por incluir bags e equipamentos de cargas e descarga.				
		Tipos de Fluxo de Processamento	1ª Geração de Processamento	Afeta negativamente a qualidade do agregado reciclado pela não utilização de dispositivos para remoção de impurezas, exceção para os metais. Para o fluxo aberto, apresenta granulometria menos contínua que no fluxo fechado. (Afeta negativamente a composição, teor de impureza, granulometria, forma dos grãos e resistência)				
			2ª Geração de processamento	Afeta positivamente a qualidade do agregado reciclado pela utilização de dispositivos para remoção de impurezas de grandes dimensões. A via úmida de classificação contribui significativamente na eliminação do teor de impurezas. (Afeta positivamente a composição, teor de impureza, granulometria, forma dos grãos e resistência)				
			3ª Geração de processamento	Afeta critérios de custo, principalmente transporte dos resíduos gerados e processados. Pode indicar restrições nos aspectos de área para processamento, redução da qualidade do agregado pela possibilidade de contaminação na armazenagem.				
		Tipos de Equipamento	Britador de Impacto	Afeta positivamente a qualidade do agregado na forma do grão (cúbica), fornece distribuição granulométrica adequada à pavimentação. Afeta negativamente pela significativa produção de finos (LEITE, 2001, p.37).				
	Britador de Mandíbula		Afeta positivamente a qualidade do agregado pela granulometria adequada a produção de concretos. Afeta critérios de custo por necessitar segunda britagem. (LEITE, 2001, p.39).					
	Moinhos de Martelo		Afeta negativamente a qualidade por produzir granulometria descontínua, com predominância de finos e poucos graúdos. Equipamento pouco utilizado.					
	Cones de Britagem		Afeta negativamente a qualidade por produzir finos, capacidade limitada de processamento (LEITE, 2001, p.40).					

Interferências das usinas de reciclagem de RCC na qualidade do agregado reciclado (continuação)

Interferências				Nível de Influência - Qualidade do Agregado					
				Não afeta	Afeta		Reversível	Irreversível	Não se Aplica
					Positivamente	Negativamente			
Internas	Processamento	Tipo de Planta	Planta Fixa	Afeta positivamente a qualidade do agregado reciclado (LEITE, 2001, p.32). Afeta negativamente o custo de implantação pela utilização de equipamentos de maior capacidade de cominuição (maior ônus). Necessitam de áreas maiores para implantação. (Afeta positivamente a composição, teor de impureza, granulometria, forma dos grãos e resistência).					
			Planta Móvel	Afeta negativamente a qualidade do agregado reciclado (não foi possível estabelecer exatamente quais propriedades). Apresenta-se como flexíveis e versáteis, possui várias capacidades de produção. Apresenta vantagens significativas quanto ao tempo de montagem, menor custo, redução da utilização de transporte. (Afeta negativamente a composição, teor de impureza, granulometria, forma dos grãos e resistência).					
		Produto a gerar	Agregado Reciclado Miúdo	Afeta critérios de aceitação, confiabilidade, sucesso da atividade de reciclagem, abastecimento do mercado consumidor.					
			Agregado Reciclado Graúdo						
	Agregado de Concreto								
			Agregado de Pavimento Asfáltico						
	Saída	Produto Gerado	Controle de Qualidade	Afeta positivamente a qualidade do agregado reciclado especificamente para utilização. Afeta critérios de aceitação, sucesso da atividade de reciclagem, abastecimento do mercado consumidor.					
			Armazenagem por Granulometria	Afeta positivamente a qualidade do agregado reciclado especificamente para utilização. Afeta critérios de aceitação, sucesso da atividade de reciclagem, abastecimento do mercado consumidor.					
			Acondicionamento	Afeta positivamente a qualidade do agregado reciclado especificamente para utilização. Afeta critérios de aceitação, sucesso da atividade de reciclagem, abastecimento do mercado consumidor.					

Interferências das usinas de reciclagem de RCC na qualidade do agregado reciclado (continuação)

Interferências			Nível de Influência - Qualidade do Agregado					
			Não afeta	Afeta		Reversível	Irreversível	Não se Aplica
				Positivamente	Negativamente			
Internas	Saída	Resíduos Gerados	Emissão de Pó	Afeta critérios de aceitação, sucesso da atividade de reciclagem, abastecimento do mercado consumidor.				
			Emissão de Ruído	Afeta critérios de aceitação, sucesso da atividade de reciclagem, abastecimento do mercado consumidor.				
			Separação de Resíduos (metais, papelão, madeira, plástico)	Afeta positivamente os critérios de aceitação do produto reciclado.				
	Descarte do Produto	Caracterização	Afeta positivamente na classe da matéria prima. Controle da produção.					
		Controle da matéria prima						
		Triagem						
		Cominuição						
		Expedição						

APÊNDICE F

Terminologia dos veículos urbanos de carga

Neste item são apresentados os principais tipos de veículos de carga e terminologia utilizados na armazenagem temporária e remoção do RCC no meio urbano. Estes também são os equipamentos cadastrados pelas empresas de transporte de RCC na Cidade do Salvador.

Equipamento veicular (carroçaria). Implemento rodoviário específico incorporado a um veículo automotor incompleto, seja chassi de caminhão ou rebocado incompleto (base), construído para complementá-lo, permitindo assim sua funcionabilidade de transporte de cargas.

Poliguindaste: Mecanismo de içamento utilizado no transporte de caçamba estacionária vazia ou contendo entulho, pedra, areia, resíduos industriais, entre outros; conforme figuras (a), (b) e (c).



Figura (a). Equipamento veicular – Mecanismo de içamento – Poliguindaste



Figura (b). Equipamento veicular – Mecanismo de içamento – Poliguindaste



Figura (c). Equipamento veicular – Mecanismo de içamento – Poliguindaste

Caçamba estacionária. Equipamento veicular removível não incorporado definitivamente a veículo rodoviário destinado ao acondicionamento de resíduos sólidos; representados nas figuras (d) e (e).



Figura (d). caçambas estacionárias na Cidade do Salvador. Fonte: LIMPURB (2009).



Figura (e). Ilustração da Padronização das caçambas estacionárias da Cidade de Salvador. Fonte: LIMPURB (2009).

Contêiner. Equipamento veicular removível destinado a conter a carga com segurança, permitindo fácil carregamento e descarregamento, projetado de acordo com padrões internacionais para ser durável e suportar o uso repetitivo e de forma a facilitar sua fixação e movimentação mecânica entre diferentes modalidades de transporte (veículos rodoviários de carga, vagões ferroviários, embarcações, navios e aeronaves), conforme figuras (f) e (g).



Figura (f). Equipamento veicular de compartimento removível no PDE do Rio Vermelho - Salvador

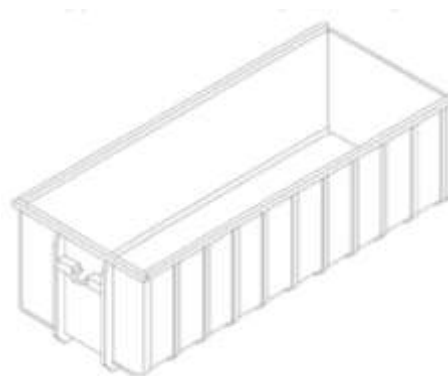


Figura (g). Equipamento veicular de compartimento removível. Fonte: NBR nº 9762/2006

Veículo Urbano de Carga (VUC): é o caminhão de menor porte, mais apropriado para áreas urbanas. Esta característica de veículo deve respeitar as seguintes características: largura máxima de 2,2 metros; comprimento máximo de 6,3 metros e limite de emissão de poluentes. A capacidade do VUC é de 3 toneladas de carga útil.

Truck ou caminhão pesado: caminhão que tem o eixo duplo na carroceria, ou seja, dois eixos juntos. O objetivo é poder deslocar maior carga e proporcionar melhor desempenho ao veículo. Um dos eixos traseiros deve necessariamente receber a força do motor. Sua capacidade é de 10 a 14 toneladas de carga, possui peso bruto máximo de 23 toneladas e seu comprimento é também de 14 metros, como no caminhão toco, conforme as figuras (h) e (j).



Figura (h). Caminhão truck dispendo RCC (2009).



Figura (j). Caminhão truck dispendo RCC (2010).

Toco ou caminhão semi-pesado: caminhão que tem eixo simples na carroceria, ou seja, um eixo frontal e outro traseiro de rodagem simples. Sua capacidade é de até 6 toneladas de carga útil, tem peso bruto máximo de 16 toneladas e comprimento máximo de 14 metros; conforme figura (k).



Figura (k). Caminhão toco. Fonte: WWW.imagensgoogle.com (2011).

O CONTRAN (Conselho Nacional de Trânsito) na resolução N° 210/2006 limita o peso máximo por eixo que pode ser carregado pelos veículos. Este limite deve-se ao fato que quanto maior a força que os pneus aplicam sobre a camada de asfalto, maior será sua degradação.