

**GABRIEL ENGEL PESSO  
JOSÉ PENACHIO JUNIOR  
RENATO AUGUSTO PENNA DALLORA  
VINÍCIUS CACHICH SANTANA  
VICTOR RUFINO MAZZEO**

**CONCEPÇÃO DE USINA DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS  
SÓLIDOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD) PARA O  
CONSÓRCIO CONISUD DA GRANDE SÃO PAULO**

Projeto de Formatura apresentado à  
Escola Politécnica da Universidade de  
São Paulo, no âmbito do Curso de  
Engenharia Civil

São Paulo  
2013

## FICHA CATALOGRÁFICA

Concepção de usina de reciclagem de resíduos sólidos de construção e demolição (RCD) para o consórcio Conisud da Grande São Paulo / G.E. PESSO, J. P. JUNIOR, R.A.P. DALLORA, V.C. SANTANA, V.R. MAZZEO; - São Paulo, 2013.

226 p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

1. Resíduos sólidos (Reciclagem) 2. Construção civil  
I. Penachio Junior, José II. Dallora, Renato Augusto Penna  
III. Santana, Vinicius Cachich IV. Mazzeo, Victor Rufino  
V. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção Civil VI.t.

**GABRIEL ENGEL PESSO  
JOSÉ PENACHIO JUNIOR  
RENATO AUGUSTO PENNA DALLORA  
VINÍCIUS CACHICH SANTANA  
VICTOR RUFINO MAZZEO**

**CONCEPÇÃO DE USINA DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS  
SÓLIDOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD) PARA O  
CONSÓRCIO CONISUD DA GRANDE SÃO PAULO**

Projeto de Formatura apresentado à  
Escola Politécnica da Universidade de  
São Paulo, no âmbito do Curso de  
Engenharia Civil

Orientador: Prof. Dr. Ronan Cleber  
Contrera

São Paulo  
2013



## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos as Prefeituras Municipais de Vargem Grande Paulista – SP e de Tietê - SP, por nos receber gentilmente em vossos escritórios; à UREOSASCO – Osasco – SP e à ECO-X – Guarulhos –SP, por permitirem as visitas do grupo; e aos Professores: Professor Doutor Ronan Cleber Contrera e Professor Doutor Sérgio Cirelli Ângulo, pelo apoio e orientação do grupo.

# SUMÁRIO

<b>RESUMO.....</b>	<b>1</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>2</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>3</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>5</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS.....</b>	<b>7</b>
<b>1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>8</b>
<b>1.1    OBJETIVOS.....</b>	<b>11</b>
1.1.1    OBJETIVOS GERAIS .....	11
1.1.2    OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	11
<b>2. RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD).....</b>	<b>12</b>
3.1 LEGISLAÇÃO.....	13
2.2 NORMAS BRASILEIRAS EXISTENTES .....	17
2.3 PANORAMAS MUNDIAL E BRASILEIRO.....	19
<b>3. REGIÃO ESCOLHIDA .....</b>	<b>26</b>
3.1 CONISUD.....	26
3.2 GERAÇÃO DE RESÍDUOS NO CONISUD .....	28
<b>4. USINA DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO .....</b>	<b>33</b>
4.1    IMPLANTAÇÃO LEGAL .....	34
4.2    ÁREA E DISPOSIÇÃO DOS SUBSISTEMAS NA USINA .....	35
4.3OPERAÇÃO E ADMINISTRAÇÃO DA USINA .....	42
4.4EQUIPAMENTOS.....	44
<b>5. METODOLOGIA .....</b>	<b>47</b>
<b>6. ESCOLHA DA REGIÃO DA USINA .....</b>	<b>51</b>
6.1 TIPOS DE USINAS DE RCD .....	51
6.2 PRODUÇÃO DE AGREGADOS E PRODUTOS PRÉ-FABRICADOS E POSSÍVEIS MERCADOS CONSUMIDORES .....	52
6.3 GERAÇÃO DE RESÍDUOS DA REGIÃO DO CONISUD.....	57
6.4 ESCOLHA DO TIPO DE USINA.....	65
6.5 ESCOLHA DA REGIÃO DA USINA.....	66
6.5.1 PROXIMIDADE ÀS RODOVIAS .....	70
6.5.2 PROXIMIDADE A SÃO PAULO.....	72

6.5.3 IMPACTOS AMBIENTAIS.....	73
8.5.4 IMPACTOS SOCIAIS.....	74
6.5.5 DISPONIBILIDADE DE TERRA.....	76
6.5.6 RESULTADOS DA MATRIZ DE DECISÃO .....	76
6.6 ESCOLHA DAS ÁREAS DAS USINAS DE RCD .....	84
6.6.1 USINA FIXA NO MUNICÍPIO DE EMBU DAS ARTES .....	84
6.6.2 USINA FIXA NA REGIÃO DE COTIA .....	93
6.6.3 USINAS MÓVEIS NOS MUNICÍPIOS DE EMBU GUAÇU E ITAPECERICA DA SERRA .....	99
<b>7. PROJETO DA USINA DE RECICLAGEM DE RCD .....</b>	<b>100</b>
7.1 PROJETOS ENVOLVIDOS.....	100
7.2 LICENCIAMENTO AMBIENTAL.....	102
7.2.1 LIGAÇÃO DE ÁGUA E ESGOTO .....	103
7.2.2 LIGAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA.....	104
7.3 LEVANTAMENTO DE EQUIPAMENTOS.....	104
7.4 CARACTERÍSTICAS DO TERRENO .....	108
7.5 LAYOUT DA USINA .....	111
7.6 PROJETO DE MOVIMENTAÇÃO DE TERRA .....	113
7.7 ESTUDO GEOTÉCNICO DO TERRENO .....	117
7.8 PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO .....	120
7.8.1 CLASSIFICAÇÃO DO SOLO.....	120
7.8.2 ESCOLHA DO PAVIMENTO .....	122
7.8.3 METODOLOGIA DE CÁLCULO .....	122
7.8.4 DIMENSIONAMENTO .....	127
7.8.5 MÉTODO CONSTRUTIVO .....	129
7.9 PROJETO DE DRENAGEM .....	132
7.9.1 MÉTODO CONSTRUTIVO DE DRENAGEM .....	142
7.10 PROJETO DE FUNDAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS .....	146
7.11 PROJETO ELÉTRICO E ILUMINAÇÃO .....	152
7.11.1 POTÊNCIA ELÉTRICA INSTALADA DA USINA .....	152
7.11.2 ILUMINAÇÃO INTERNA E TOMADAS.....	153

7.11.3 APARELHOS DE AQUECIMENTO .....	155
7.11.4 APARELHOS DE AR CONDICIONADO .....	156
7.11.5 BOMBAS D'ÁGUA .....	156
7.11.6 EQUIPAMENTOS DA USINA.....	157
7.11.7 DEMANDA TOTAL.....	158
7.11.8 ILUMINAÇÃO EXTERNA.....	158
7.12 PROJETO DE CERCA VIVA .....	163
7.12.1 ESCOLHA DA PLANTA IDEAL.....	163
7.12.2 MÉTODO E DIMENSIONAMENTO.....	164
7.12.3 MANUTENÇÃO .....	165
7.13 PROJETO DE SINALIZAÇÃO .....	166
7.14 PROJETO DO PRÉDIO ADMINISTRATIVO E GUARITA .....	168
7.14.1 PROJETO URBANÍSTICO .....	169
7.14.2 PROJETO DA ALVENARIA ESTRUTURAL.....	170
7.14.3 PROJETO DE LAJES.....	177
7.14.4 PROJETO DE FUNDAÇÃO.....	178
7.14.5 PROJETO ELÉTRICO.....	180
7.14.6 PROJETO HIDRÁULICO .....	181
<b>8. MANUAL DE OPERAÇÃO DA USINA.....</b>	<b>182</b>
8.1 PROCESSO DE TRIAGEM.....	186
8.2 PROCESSO DE RECICLAGEM .....	187
8.3 SEGURANÇA INTERNA .....	188
8.4 SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO .....	189
8.5 MEDIDAS DE REDUÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS .....	194
<b>9. ANÁLISE FINANCEIRA.....</b>	<b>195</b>
9.1 PRECIFICAÇÃO .....	195
9.1.1 DRENAGEM.....	196
9.1.2 MOVIMENTAÇÃO DE TERRA.....	197
9.1.3 ILUMINAÇÃO EXTERNA .....	198
9.1.4 RADIER.....	199

9.1.5 EQUIPAMENTOS DE MOVIMENTAÇÃO INTERNA.....	199
9.1.6 PAVIMENTAÇÃO .....	200
9.1.7 ADMINISTRAÇÃO E GUARITA.....	201
9.1.8 OPERÁRIOS NA CONSTRUÇÃO .....	203
9.1.9 USINA.....	203
9.1.10 MÃO DE OBRA DA USINA .....	204
9.1.11 ENERGIA ELÉTRICA.....	205
9.1.12 ÁGUA E ESGOTO .....	205
9.1.13 CONSUMO DE COMBUSTÍVEL .....	206
9.1.14 OUTROS GASTOS.....	207
9.2 VIABILIDADE ECONÔMICA.....	207
9.2.1 CENÁRIO 1 .....	210
9.2.2 CENÁRIO 2 .....	211
9.2.3 CENÁRIO 3 .....	211
9.2.4 CENÁRIO 4 .....	212
9.2.5 CENÁRIO 5 .....	213
9.2.6 CENÁRIOS 6 E 7.....	214
9.2.7 COMPARAÇÃO ENTRE CENÁRIOS .....	214
<b>10. CONCLUSÃO .....</b>	<b>216</b>
<b>11. ANEXOS .....</b>	<b>217</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>219</b>

## RESUMO

A indústria da construção civil é uma grande geradora de resíduos, apesar de alavancar o desenvolvimento econômico e social de um país. Neste contexto, os resíduos de construção e demolição (RCD) merecem um acompanhamento mais próximo, pois o processamento e reciclagem destes possibilita a reutilização na própria construção civil, em pavimentos e na produção de peças pré-moldadas. Supondo uma extração do cenário atual, a demanda por materiais recicláveis será cada vez maior, tendo em vista que a sustentabilidade já está fincando suas raízes nos modos de produção. Assim, este trabalho concebe um projeto básico de usina de reciclagem de RCD para o consórcio CONISUD da grande São Paulo e apresenta o panorama nacional e mundial neste contexto. A metodologia aplicada se resume à pesquisa bibliográfica, embasamento nas leis e regulamentações existentes, visitas a usinas em operação, análise para a escolha do local e da área de implantação, projeto básico da usina e suas partes, seleção e dimensionamento de equipamentos e, como condição de aplicação, a viabilidade financeira da implantação e operação. A finalidade deste trabalho é prover materiais reciclados úteis para novos projetos, diminuindo o uso de matéria prima, possibilitando o reuso dos materiais, minimizando o descarte em aterros de resíduos, contribuindo para a sustentabilidade na produção e para a economia do país e visando a mudança da cultura da construção brasileira.

Palavras chave: resíduos de construção e demolição (RCD), usina de reciclagem de RCD.

## ABSTRACT

The civil construction industry is a great generator of residue, despite the leverage that it applies both to the economic and social development of a country. In this context, construction and demolition residue (CDR) deserve a closer look, as the processing and recycling of those enable the possibility of reutilization in the civil construction, paving of roads and production of precast parts. Extrapolating from the current scenario, the demand for recyclable materials tends to be ever bigger, as sustainability is already sticking its roots on the production methods. Therefore, this report conceives a basic engineering project of a plant for recycling CDR for the CONISUD consortium, of the metropolitan region of São Paulo, and presents the national and world scene on this subject. The methodology applied comes down to bibliographic research, basis on the existing laws and regulations, visits to functioning plants, place and area of implantation analysis, basic engineering project of the plant and its parts, equipment selection and sizing and, as an application condition, the implantation and operation financial viability study. The goal of this project is to provide useful recycled materials for new projects, lessening the use of raw materials, enabling the reuse of materials, minimizing the disposal of residue in landfills, contributing to the sustainability of production and to the economy of the country and aiming to change the Brazilian construction culture.

Key words: construction and demolition residue (CDR), plant for recycling CDR.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2-1 Classificação dos Resíduos de Construção e Demolição .....	13
Figura 3-1 Mapa da localização do CONISUD; Fonte: Google Maps.....	28
Figura 3-2 Mapa com destinação e condição de disposição final dos resíduos domiciliares, 2009. Fonte: BESEN 2011 .....	29
Figura 3-3 Geração de RCD per capita com o crescimento do IDH. (ANGULO ET AL, 2011).....	32
Figura 5-1 Organograma de implantação legal de uma Usina de reciclagem.....	35
Figura 4-2 Prédio da guarita e administração.....	37
Figura 4-3 Levantamento do material recém-chegado e local de descarga .....	37
Figura 4-4 Área de estocagem dos materiais virgens advindos diretamente das ATT's ou dos caçambeiros (obras). .....	37
Figura 4-5 Triagem visual e manual anteriormente à britagem. ....	38
Figura 4-6 Vista em planta da possível distribuição dos subsistemas em uma área de 10 mil m2; Fonte: Maqbrit.....	39
Figura 4-7 Vista em planta da rampa de acesso ao britador com desnível de 5 metros; Fonte: Maqbrit.....	40
Figura 4-8 Desnível da área do britador em relação à área de estocagem.....	41
Figura 4-9 Transportadora de correia fixa, empregada para transporte de material britado (bica corrida) .....	41
Figura 4-10 Estocagem de brita e areia.....	42
Figura 4-11 Fabricação de peças pré-moldadas a partir da areia proveniente de materiais reciclados. .....	42
Figura 4-12 Esquema de uma Usina de Reciclagem de RCD .....	43
Figura 4-13 Britadores da usina UREOSASCO .....	44
Figura 4-14 Calha vibratória utilizada na usina UREOSASCO .....	45
Figura 4-15 Transportadores de carga utilizados nas usinas UREOSASCO e ECO-X	45
Figura 4-16 Peneira Vibratória utilizada na Usina UREOSASCO .....	46
Figura 5-1 Metodologia.....	47

Figura 6-1 Usinas móveis e fixas.....	51
Figura 6-2 Percentual de Consumo Setorial de Rocha Britada .....	53
Figura 6-3 Produção de Agregados em Milhões de Toneladas; Fonte: Anepac 2012..	54
Figura 6-4 - Consumo de Agregados no Brasil em Milhões de Toneladas Fonte: Anepac 2012 .....	55
Figura 6-5 Gráficos de crescimento das populações dos municípios do CONISUD.....	59
Figura 6-6 Gráfico do crescimento populacional de toda região do CONISUD .....	60
Figura 6-7 Gráfico do crescimento populacional da cidade de São Lourenço da Serra	60
Figura 6-8 Região do CONISUD; Fonte: Google Earth.....	66
Figura 6-9 Posicionamento Xi e Yi dos centros urbanos (X e Y com escala em quilômetros).....	68
Figura 6-10 Rodovias existentes nas proximidades da região do CONISUD .....	71
Figura 6-11 Áreas escolhidas para análise em Embu das Artes; Fonte: Google Maps	85
Figura 6-12 Zoneamento urbano da cidade de Embu das Artes; Fonte: Site da Prefeitura de Embu das Artes “ <a href="http://www.embudasartes.sp.gov.br/">http://www.embudasartes.sp.gov.br/</a> ” .....	86
Figura 6-13 Área 1 em Embu das Artes para análise; Fonte: Google Maps .....	87
Figura 6-14 Área 2 em Embu das Artes para análise; Fonte: Google Maps .....	88
Figura 6-15 Área 3 em Embu das Artes para análise; Fonte: Google Maps .....	89
Figura 6-16 Área 4 em Embu das Artes para análise; Fonte: Google Maps .....	90
Figura 6-17 Área 5 em Embu das Artes para análise; Fonte: Google Maps .....	91
Figura 6-18 Área 6 em Embu das Artes para análise; Fonte: Google Maps .....	92
Figura 6-19 Áreas escolhidas em Cotia para análise; Fonte: Google Maps.....	94
Figura 6-20 Área 1 em Cotia para análise; Fonte: Google Maps .....	95
Figura 6-21 Área 2 em Cotia para análise; Fonte: Google Maps .....	96
Figura 6-22 Área 3 em Cotia para análise; Fonte: Google Maps .....	97
Figura 6-23 Área 4 em Cotia para análise; Fonte: Google Maps .....	98

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1-1 Perdas materiais em processos construtivos, em massa (ANGULO, 2000)</b> .....	10
<b>Tabela 2-1 Comparação entre países da produção de Resíduos de Construção e Demolição.....</b>	20
<b>Tabela 2-2 Geração de resíduos de construção civil. ....</b>	21
<b>Tabela 2-3 Geração de RCD em diversos países.....</b>	22
Tabela 2-4 Relação entre população e geração de RCD. ....	23
Tabela 2-5 Municípios, total e com serviço de manejo de resíduos de construção e demolição, por existência e tipo de processamento dos resíduos, segundo as Grandes Regiões e as Unidades da Federação – 2008. ....	23
Tabela 2-6 Municípios, total e com serviço de manejo de resíduos de construção e demolição, por forma de disposição dos resíduos no solo, segundo as Grandes Regiões e as Unidades da Federação – 2008. ....	24
<b>Tabela 2-7 Dados de RCD coletado no Brasil e na Região Sudeste.....</b>	25
Tabela 3-1 Dados das cidades do CONISUD.....	26
Tabela 3-2 Estimativa da Geração de Resíduos.....	30
Tabela 3-3 Projeções de geração de resíduos até 2040 .....	30
Tabela 3-4 Geração de RCD estimada para as cidades do CONISUD. ....	31
Tabela 3-5 Estimativa da Geração de RCD com base no IDH para os municípios do CONISUD .....	33
Tabela 4-1 Quantificação de Equipamentos .....	44
Tabela 6-1 Valor de Venda de Agregados naturais.....	54
Tabela 6-2 Projeção da estimativa de consumo de agregados. ....	56
Tabela 6-3 Estimativa populacional dos municípios do CONISUD .....	58
Tabela 6-4 Parâmetros utilizados para a estimativa populacional dos municípios do CONISUD .....	58
Tabela 6-5 Estimativa do IDH para os municípios do CONISUD .....	61
Tabela 6-6 Projeção do IDH para os municípios do CONISUD.....	62
Tabela 6-7 Estimativas de geração de RCD para os municípios do CONISUD .....	63

Tabela 6-8 Projeção das gerações de RCD em ton/h para os municípios do CONISUD .....	63
Tabela 6-9 Capacidade de processamento de Usinas existentes .....	64
Tabela 6-10 População e distância de São Paulo para os municípios do CONISUD...	65
Tabela 6-11 Dados populacionais dos municípios do CONISUD.....	67
Tabela 6-12 Coordenadas Xi e Yi das sedes municipais.....	68
Tabela 6-15 Pontuação em relação à proximidade dos municípios às rodovias .....	72
Tabela 6-16 Pontuação em relação à proximidade dos municípios de São Paulo.....	72
Tabela 6-17 Pontuação dos municípios em relação aos impactos ambientais.....	74
Tabela 6-18 Pontuação dos municípios em relação aos impactos sociais.....	75
Tabela 6-19 Pontuação dos municípios em relação à disponibilidade de terra .....	76
Tabela 6-20 Matriz de Decisão .....	77
Tabela 6-21 Coordenadas Xi e Yi das sedes municipais com respectivos pesos.....	77
Tabela 6-23 Estimativas de Geração de resíduos reciclados (Cenário 1) .....	79
Tabela 6-24 Estimativas de Geração de resíduos reciclados (Cenário 2) .....	81
Tabela 6-25 Estimativas de Geração de resíduos reciclados (Cenário 3) .....	82
Tabela 6-26 Estimativas de Geração de resíduos reciclados (Cenário 4) .....	83
Tabela 6-27 Matriz de Decisão para a cidade de Embu das Artes .....	93
Tabela 6-28 Matriz de Decisão para a usina fixa em Cotia .....	99

## LISTA DE SÍMBOLOS

**ABCP** - Associação Brasileira de Cimento Portland

**ABNT** - Associação Brasileira de Normas Técnicas

**ANEEL** - Agência Nacional de Energia Elétrica

**ANP** - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

**CEB** - Companhia Energética de Brasília

**CETESB** - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

**CREA** - Conselho Regional de Engenharia e Agronomia

**CONAMA** - Conselho Nacional do Meio Ambiente

**CONDEMA** - Conselho Nacional de Defesa do Meio Ambiente

**CONISUD** - Consórcio Intermunicipal da Região Sudoeste da Grande São Paulo

**CRCD** - Centro de Referência de Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolições

**DER/SP** - Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo

**DNIT** - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

**NBR** - Norma Brasileira

**PIB** - Produto Interno Bruto

**PMSP** - Prefeitura Municipal de São Paulo

**PPP** - Parceria Público Privada

**RCD** - Resíduo(s) de construção e demolição

**RCC** - Resíduo(s) de construção civil

**SAAE** - Serviço Autônomo de Água e Esgoto

**SINDUSCON-SP** - Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo

**TIR** - Taxa Interna de Retorno

**USACE** - Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos

## 1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

A construção civil está intimamente ligada ao desenvolvimento de um país, tanto social quanto economicamente. Esse fato não seria diferente para o Brasil. As atividades relacionadas à construção civil são responsáveis pelo emprego, direto e indiretamente, de milhares de trabalhadores de norte a sul do país.

Nos últimos anos, com o aumento de investimentos governamentais por meio do programa de aceleração do crescimento (PAC) e de investimentos da iniciativa privada, o setor teve uma elevada taxa de crescimento, acima até das projeções de crescimento do PIB.

O ramo de construção civil é o maior consumidor de matéria prima natural e o maior gerador de resíduos da sociedade (JOHN, 2000). Dessa maneira, o crescimento do setor da construção civil e as atividades ligadas a essa área, estão firmemente relacionadas a impactos ambientais significativos. Dentre eles podemos citar a produção de gás carbônico (CO<sub>2</sub>) gerado pela indústria cimenteira, que no Brasil é da ordem de 6% (John, 2000). Sabe-se que esse gás é o principal responsável pelo efeito estufa, sendo um dos responsáveis pelo aquecimento global. Dentre muitos outros impactos ambientais que a construção civil acarreta, existe o problema de como gerir a produção de grandes quantidades de resíduos de construção civil provenientes de demolição e das obras.

Embora proibido pela Resolução CONAMA 307:2002, os resíduos de construção civil ainda tem sido comumente destinados a lixões, aterros controlados, aterros sanitários (PNSB, 2008) e áreas de despejo ilegais nas cidades. Em caso de despejo ilegal, isso acaba prejudicando a população local de diversas maneiras:

a) Ambientalmente, contaminando e destruindo áreas potencialmente benéficas para o meio ambiente e aumentando as ocorrências de enchentes;

- b) Economicamente, ampliando-se os gastos com limpeza de vias e áreas da cidade e dando destinação incorreta ao material impossibilitando seu reuso e possível ganho econômico;
- c) Socialmente, prejudicando o bem-estar da população, a saúde pelo acúmulo de vetores de doenças e materiais perigosos nessas áreas de deposição de resíduos de construção e o tráfego nas vias bloqueadas pelo material não aproveitado.

Com isso, vemos inúmeras vantagens na deposição ou reciclagem dos resíduos de construção civil. E ainda por cima, ZORDAN (2003) sugere que a reciclagem apresenta uma série de vantagens sobre todas as outras alternativas:

- a) Solução à falta de espaço em aterros, seja pela distância percorrida para a deposição do resíduo ou pelo alto preço pago para o despejo dos resíduos;
- b) Reaproveitamento de material que ainda possui energia, de uma forma mais sensata e eficiente, transformando uma fonte de despesa em uma fonte de faturamento;
- c) Preservação dos recursos naturais, inserindo materiais alternativos no mercado e aumentando a vida útil dos recursos da natureza;
- d) Proteção do meio ambiente, evitando-se o tratamento e despejo dos resíduos, reduzindo-se assim potenciais impactos ambientais.

A necessidade de se tomar medidas mais ambientalmente amigáveis na geração de resíduos da construção e demolição (RCD) possibilitou, na última década, a criação de resoluções, leis e normas técnicas. As mesmas visam a sua reutilização e a sustentabilidade do ramo através de programas de reciclagem dos resíduos sólidos. Em 1998 foi aprovada a lei de crimes ambientais, lei nº 9.605, que apesar de visar à nomeação de culpados ao invés da preservação e uso racional dos recursos naturais, facilitou para que outras

políticas pudessem ser criadas, como a resolução Conama 307 de 2002 e a Política Nacional de Resíduos Sólidos de 2010 (Lei 12305:2010), além das normas NBR 10004 e 15112 a 15116 de 2004 que lidam com a classificação e reuso desses resíduos.

A pertinência do tema mostra-se ainda mais aparente ao se avaliar dados e informações coletadas ao longo dos últimos 20 anos. Percebe-se a maior movimentação em relação ao tema vinda dos órgãos públicos e também de trabalhos científicos e acadêmicos.

Com relação aos avanços científicos, percebe-se um aumento de estudos tanto na área de tratamento de resíduos quanto na de estimativas de produção. PINTO (1999) propôs uma metodologia para estimar a geração de RCD em centros urbanos, sendo que das cidades por ele estudadas, a porcentagem que o RCD representava de todo resíduo sólido municipal, em massa, era da ordem de 41% a 70%. Com relação à construção civil, a perda de material varia muito entre regiões e métodos construtivos. Na Tabela 1-1 abaixo, podem-se observar valores de perdas materiais na construção civil.

**Tabela 1-1 Perdas materiais em processos construtivos, em massa (ANGULO, 2000)**

Perdas Materiais	Mediana	Mínimo	Máximo
Concreto usinado	9%	2%	23%
Aço	11%	4%	16%
Blocos e tijolos	13%	3%	48%
Cimento	56%	Nd	Nd
Cal	36%	Nd	Nd
Areia	44%	Nd	Nd

**Fonte: PALIARI, 1999; PINTO, 1999; SOUZA et al., 1999; obtida em ANGULO, 2000**

Nesse trabalho, pretende-se abordar o tema de forma prática e científica, buscando uma solução viável e otimizada para um problema recorrente em nosso dia a dia com relação à disposição incorreta dos RCD. Nesse caso, iremos abordar essa problemática no consórcio CONISUD (Consórcio Intermunicipal da Região Sudoeste da Grande São Paulo), que

representa 8 cidades parceiras da região Sudeste e Oeste da Grande São Paulo.

O consórcio CONISUD foi escolhido como referência, pois apresentou diversos problemas complexos relacionados à gestão de resíduos sólidos. Devido à pertinência do tema, este trabalho visa:

- a) Pesquisa bibliográfica do assunto.
- b) Análise da situação atual nas cidades pertencentes ao consórcio.
- c) Definição de pontos de coleta ou possível elaboração de estações de transbordo.
- d) Auxílio na elaboração de uma usina de reciclagem de resíduos de construção e demolição, que possa atender a todas as cidades.
- e) Constituição de um projeto aplicável.

## **1.1    OBJETIVOS**

### **1.1.1    OBJETIVOS GERAIS**

O objetivo geral deste trabalho de conclusão de curso da Escola Politécnica da USP é estudar e projetar uma usina de reciclagem de resíduos da construção e demolição no estado de São Paulo, localizada em alguma das cidades que faz parte integrante do CONISUD – Consórcio Intermunicipal da Região Sudoeste da Grande São Paulo.

### **1.1.2    OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Os objetivos específicos do trabalho são:

- 1) Levantamento de informações sobre o panorama de reciclagem de resíduos sólidos da construção civil no Brasil e na região que abrange o consórcio do CONISUD.
- 2) Estudar as leis e regulamentações pertinentes ao assunto.
- 3) Visitar e estudar usinas públicas e privadas já existentes e em fase de implantação.
- 4) Projeto básico de locação, edifícios, galpões, drenagem e iluminação.
- 5) Viabilidade financeira para implantação e operação.
- 6) Dimensionamentos e seleção de equipamentos necessários para o funcionamento da usina.

## 2. RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD)

De acordo com a Resolução CONAMA 307:2002, resíduos de construção e demolição na construção civil, são classificados como resíduos de classe A (vide Figura 3-1), composto por resíduos de concreto e de alvenaria. Como o termo entulho é muito abrangente com relação aos resíduos, usaremos o termo RCD que remete à ideia da natureza dos resíduos.



<b>Classe B</b>	
<b>Classe C</b>	
<b>Classe D</b>	

**Figura 2-1 Classificação dos Resíduos de Construção e Demolição**

Conforme o estudo e implantação da gestão de resíduos sólidos foram se desenvolvendo, houve a necessidade de regulamentação através de leis e normas, as quais serão apresentadas a seguir.

### 3.1 LEGISLAÇÃO

#### Lei Nº 6.938, de 31 de agosto de 1981:

Esta lei de 1981 dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, além de outras providências. Através dela definem-se medidas de preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental, visando o bem-estar da sociedade e da economia, com definições de nomenclatura relacionada ao meio ambiente, descrição dos objetivos da política nacional, declaração dos órgãos competentes, definição de instrumentos cabíveis, como o estabelecimento de padrões de qualidade ambiental e penalidades aplicáveis, além das atividades potencialmente poluidoras e utilizadoras de recursos ambientais e os valores

cobrados pelos serviços do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).

Lei Nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998:

Esta lei, chamada de lei de crimes ambientais, discorre sobre as sanções penais e administrativas cabíveis decorrentes de atividades danosas ao meio ambiente, além de outras providências. Nela definem-se os responsáveis por crimes ambientais, a apreensão dos instrumentos, produtos e subprodutos do crime ambiental, sendo eles seres vivos ou não, a definição dos tipos de crimes contra a fauna, flora, ordenamento urbano e patrimônio, crimes de poluição ambiental, crimes contra a administração ambiental, a definição de cooperação internacional para a preservação ambiental e o tipo de pena cabível e sua aplicação em cada tipo de crime.

Resolução Conama 307, de 5 de julho de 2002:

A resolução Conama 307 estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, visando à correta deposição dos resíduos, a responsabilidade pela sua geração, a redução dos impactos ambientais gerados, a viabilidade econômica e técnica de sua reutilização e outras medidas. O artigo 2º dispõe da nomenclatura utilizada e suas definições, enquanto o artigo 3º classifica os resíduos da construção civil conforme descrito a seguir:

Classe A: são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais 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, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;

Classe B: são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras, gesso e outros;

Classe C: são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação;

Classe D: são os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.

Nos artigos subsequentes são definidos:

- Obrigações dos geradores;
- A elaboração do plano integrado de gerenciamento de resíduos da construção civil, com a definição do programa municipal e do projeto de gerenciamento de resíduos da construção civil, sua elaboração, coordenação e implementação, além de todo o conteúdo que nele deve constar;
- As etapas que os projetos de gerenciamento de resíduos da construção civil devem contemplar;
- A destinação dos resíduos e os prazos para adequações dos municípios, dos geradores e da deposição dos resíduos em aterros domiciliares e em áreas de bota fora.

Lei Nº 12.300, de 16 de Março de 2006:

A Lei Estadual Nº 12.300 cria a Política Estadual de Resíduos Sólidos, definindo os princípios e diretrizes, objetivos e instrumentos visando a gestão de resíduos sólidos no Estado de São Paulo, com a utilização de uma visão

sistêmica, integrada e compartilhada na gestão de resíduos, o princípio do poluidor pagador, a educação ambiental e a utilização de padrões sustentáveis na produção e consumo de bens.

O objetivo principal é o uso sustentável, racional e eficiente dos recursos humanos, além de reduzir a quantidade de resíduos sólidos produzidos e promover a cooperação intermunicipal e a inclusão social de catadores em programas de coleta seletiva.

#### Lei Nº 12.305, de 2 de Agosto de 2010:

A Lei Federal Nº 12.305 cria a Política Nacional de Resíduos Sólidos, dispondo sobre seus princípios, objetivos e instrumentos. Nela definem-se termos pertinentes aos resíduos sólidos, princípios de eco eficiência, de responsabilidade compartilhada, de desenvolvimento sustentável, entre outros.

Segue-se na definição dos objetivos da lei, como a proteção da saúde pública e da qualidade ambiental, redução e reutilização de resíduos sólidos, além da diminuição do volume produzido de resíduos perigosos, gestão integrada de resíduos, capacitação técnica contínua e estímulo ao consumo sustentável, entre outros objetivos. Definem-se os instrumentos de aplicação da política nacional de resíduos sólidos e a diferença entre os planos das 3 esferas do poder: Federal, Estadual e Municipal.

Por último, definem-se as responsabilidades dos geradores e do poder público, bem como responsabilidades compartilhadas, instrumentos econômicos e proibições relacionadas à deposição e destinação dos resíduos ou rejeitos.

#### Decreto Nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010:

Este decreto regulamenta a Lei Nº 12.305 estabelecendo normas para execução da Política Nacional de Resíduos Sólidos e definindo itens importantes como a coleta seletiva, o reaproveitamento de resíduos, acordos setoriais e diretrizes para a gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, como a recuperação energética. Há a regulamentação de regras aplicáveis, a criação do Sistema Nacional de Informações Sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos

(SINIR), e a utilização da educação ambiental como forma de auxílio à política nacional de resíduos sólidos.

## 2.2 NORMAS BRASILEIRAS EXISTENTES

### ABNT NBR 10004 – Resíduos sólidos - classificação:

A norma de classificação de resíduos sólidos permite a definição dos tipos de resíduos sólidos quanto aos seus potenciais riscos para o meio ambiente e para a saúde pública, permitindo seu adequado gerenciamento. Nela definem-se os resíduos de Classe I – Perigosos e resíduos de Classe II – Não perigosos (Classe II A – Não inertes e Classe II B – Inertes), bem como as características preponderantes de cada tipo de classe como inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade entre outros, com anexos explicitando todos os tipos de substâncias possíveis.

### ABNT NBR 15112 – Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação:

Esta norma fixa os requisitos para projeto, implantação e operação de áreas de transbordo e triagem, com a definição de condições de isolamento, identificação, segurança e ponto de entrega para a implantação, metodologia do projeto e condições de operação.

### ABNT NBR 15113 – Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação:

A norma NBR 15113 visa estabelecer os mínimos requisitos para projeto, implantação e operação de resíduos sólidos da construção civil classe A e resíduos inertes, visando à reserva dos materiais separadamente ou sua

disposição de modo a se permitir seu futuro uso ou o futuro uso da área de deposição, além de visar à proteção dos recursos hídricos superficiais ou subterrâneos, dos operadores destas instalações e das populações vizinhas à área.

ABNT NBR 15114 – Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação:

A norma acima estabelece os requisitos mínimos para projeto, implantação e operação de áreas de reciclagem de resíduos da construção civil classe A, visando à reciclagem de materiais cuja triagem já foi realizada, para a produção de agregados com características para obras da construção civil de forma segura, sem causar danos ao meio ambiente, às condições de trabalho na área e às populações vizinhas.

ABNT NBR 15115 – Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos:

Esta norma fixa os critérios para a execução de camadas de reforço do subleito, sub-base e base de pavimentos e também como camada de revestimento primário, utilizando o agregado reciclado de resíduo sólido da construção civil, definindo condições para o transporte e distribuição dos agregados, compactação e execução do pavimento, além de critérios para o controle do mesmo.

ABNT NBR 15116 – Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Diretrizes para projeto, implantação e operação:

A norma 15116 estabelece os requisitos para se empregar agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil em obras de pavimentação viária e no preparo de concreto sem função estrutural, definindo requisitos gerais e específicos, além do controle de qualidade e caracterização do

agregado reciclado. Esta norma foi estabelecida com prescrições de várias outras normas.

### **2.3 PANORAMAS MUNDIAL E BRASILEIRO**

A produção de resíduos sólidos de construção e demolição (RCD) varia enormemente com o método construtivo empregado, os materiais disponíveis na área e a cultura de construção civil da região. Em países como os Estados Unidos e a Europa o gesso está presente numa grande parcela dos RCD, enquanto que materiais como a madeira faz-se presente em países com uma maior cultura de utilização destes materiais, como o Japão. (PINTO, 1999)

A medição de dados a respeito da geração de resíduos é de bastante dificuldade. Em países em que as atividades do setor de construção civil são mais intensas como o Brasil estima-se que os resíduos de construção representem praticamente a mesma parcela que os de demolição, enquanto que países cujas atividades de manutenção e demolição sejam mais intensas, ou que tenham passado por catástrofes naturais ou guerras, devem possuir uma maior parcela de resíduos de demolição quando comparado à parcela de resíduos de construção, como pode ser visto na Tabela 2-1 abaixo. Isso se mostrou de forma mais aparente principalmente após a ocorrência da segunda grande guerra na década de 40, com cidades devastadas e a necessidade de se reconstruí-las utilizando-se os resíduos gerados.

**Tabela 2-1 Comparação entre países da produção de Resíduos de Construção e Demolição** Fonte: (1) Pinto (1999); Zordan (1997); John (2000); (2) Bossink;Brouwers (1996); (3) Craighill; Powell (1997); (4) e (6) Lauritzen (1994); (5) Peng et al. (1997); (7) Girardot (1994) apud Quebaud; Buyle-Bodin (1999); (8) Pera (1996); Hendricks (1993) apud Quebaud;Buyle-Bodin (1999); (9) Para esta estimativa foi considerada uma população de 150 milhões de habitantes com uma geração anual de 0,5 ton/hab.ano, média obtida em algumas cidades brasileiras em Pinto (1999).

País	RCD (milhões de ton/ano)	Resíduos de Construção (milhões de ton/ano)	Resíduos de Demolição (milhões de ton/ano)	% de resíduo de construção no RCD	% de resíduo de demolição no RCD	Ano
Brasil (1)	70 (9)	35	35	30-50	50-70	1999
Países Baixos (2)	14	-	-	-	-	1996
Inglaterra (3)	70	-	-	-	-	1997
Alemanha (4)	32.6	10	22.6	31	69	1994
Estados Unidos (5)	31.5	10.5	21	33	66	1994/1997
Japão (6)	99	52	47	52	48	1993
França (7)	-	-	25	-	-	1994
Europa Ocidental (8)	215	40	175	19	81	Previsão 2000

ANGULO (2005) observa que os RCD representam 50% da massa de resíduos sólidos urbanos (RSU), valor que está compreendido nos resultados obtidos por PINTO (1999), cuja produção de RCD nas cidades estudadas pelo autor está estimada entre 41% para Salvador (BA) e 70% em Ribeirão Preto (SP). No mesmo estudo a massa de RCD gerado nas regiões urbanas brasileiras varia de 230 a 760 quilos de resíduos de construção produzidos por habitante, com mediana da ordem de 500 quilos por habitante. Os dados estão apresentados na Tabela 2-2 abaixo:

**Tabela 2-2 Geração de resíduos de construção civil. Fonte:** Considerados apenas os RCD dispostos em aterro público – abril 1999 (Superintendência de limpeza urbana SLU, 1999); Paulella; Scapim, 1999; Considerados apenas os RCD dispostos em aterro público (Empresa de limpeza urbana de salvador – Limpurb, 1999)

Localidades	Participação dos RCD na massa total de RSU	Taxa de geração (ton/hab/ano)
Santo André / SP	54%	0,51
São José do Rio Preto / SP	58%	0,66
São José dos Campos / SP	67%	0,47
Ribeirão Preto / SP	70%	0,71
Jundiaí / SP	62%	0,76
Vitória da Conquista / BA	61%	0,4
Belo Horizonte / MG (1)	54%	0,34
Campinas / SP (2)	64%	0,62
Salvador / BA (3)	41%	0,23

Abaixo pode ser visto na Tabela 2-3 retirada do seminário de reciclagem de resíduos da construção (JOHN & AGOPYAN, 2000) valores de geração anual de RCD em vários países além dos valores para o Brasil. Vale ressaltar que os dados expostos podem não representar os valores de geração atuais uma vez que o Brasil passou por sérias mudanças, principalmente no que se refere ao setor da construção civil, com grandes investimentos sendo realizados em infraestrutura e possivelmente aumentando-se a geração de resíduos de construção e demolição ao longo destes anos entre o levantamento dos dados e os dias atuais.

**Tabela 2-3 Geração de RCD em diversos países.** Fonte: (1) Pinto (1999); (2) Tolstoy, Borklund & Carlson (1998); EU (1999); (3) Lauritzen (1998); Brossink; Brouwers & Van Kessel (1996); EU (1999); (4) EPA (1998); Peng, Grossknopf, Kibert (1994); (5) Detr (1998); Lauritzen (1998); (6) Lauritzen (1998); EU (1999); (7) Kasai (1998); (8) EU (1999).

País	Quantidade Anual	
	Mton/ano	Kg/hab
<b>Brasil (1)</b>	<i>Na</i>	230 - 660
<b>Suécia (2)</b>	1,2 - 6	136 - 680
<b>Holanda (3)</b>	12,8 - 20,2	820 - 1300
<b>EUA (4)</b>	136 - 171	463 - 584
<b>UK (5)</b>	50 - 70	880 - 1120
<b>Bélgica (6)</b>	7,5 - 34,7	735 - 3359
<b>Dinamarca (6)</b>	2,3 - 10,7	440 - 2010
<b>Itália (6)</b>	35 - 40	600 - 690
<b>Alemanha (6)</b>	79 - 300	963 - 3658
<b>Japão (7)</b>	99	785
<b>Portugal (8)</b>	3,2	325

Os valores obtidos no mesmo seminário e exibidos abaixo apresentam uma estimativa de geração de RCD à partir dos dados de população urbana dos municípios brasileiros medidos pelo IBGE em 1996 e utilizando-se o valor de 0,5 ton de RCD/hab, valor correspondente à mediada dos valores obtidos no estudo de PINTO (1999), num ano com 300 dias úteis.

Como pode ser observada na Tabela 2-4, para as cidades consideradas pequenas e com o maior número de municípios pesquisados a média de RCD gerado por dia, pode não representar necessariamente um valor adequado para realizar estudos ou comparações, sendo provavelmente necessária a utilização de outros índices que permitam uma melhor definição da geração de RCD nestas cidades, enquanto que, para cidades com maior população, pode-se observar que os índices obtidos talvez sejam passíveis de utilização, ainda que para um estudo preliminar.

**Tabela 2-4 Relação entre população e geração de RCD. (JOHN,AGOPYAN; 2000)**

População (mil)	RCD (ton/dia útil)	Nº município	População		RCD médio (ton/dia)
			%	Média	
< 120	<200	4.822	44,2	11.281	18
120 a 300	200 a 500	103	16	190.873	318
300 a 600	500 a 1000	25	8,3	410.865	684
600 a 3000	1000 a 5000	22	19,3	1.082.086	1803
> 3000	>5000	2	12,1	7.471.325	12452

O plano de nacional de saneamento básico (PNSB) de 2008 trouxe dados referentes aos RCD em todas as regiões do Brasil, dados estes referentes à existência, tipo de processamento e de disposição e expostos nas Tabelas 2-5 e 2-6:

**Tabela 2-5 Municípios, total e com serviço de manejo de resíduos de construção e demolição, por existência e tipo de processamento dos resíduos, segundo as Grandes Regiões e as Unidades da Federação – 2008. Fonte: (PNSB,2008)**

Grandes Regiões e Unidades da Federação	Municípios							
	Total	Com Manejo de RCD						
		Existência e tipo de processamento de resíduos						
	Total	Total	Total	Triagem simples de RCD reaproveitáveis (classes A e B)	Triagem e Trituração simples de resíduos classe A	Triagem e Trituração dos resíduos classe A, com classificação granulométrica dos agregados reciclados	Reaproveitamento dos agregados produzidos na fabricação de componentes construtivos	Outro
<b>Brasil</b>	5564	4031	392	124	14	20	79	204
<b>Norte</b>	449	293	29	5	-	-	6	18
<b>Nordeste</b>	1793	1454	178	38	4	6	32	118
<b>Sudeste</b>	1668	1272	109	50	7	12	25	38
<b>Sul</b>	1188	639	54	24	3	2	14	16
<b>Centro-Oeste</b>	466	373	22	7	-	-	2	14

**Tabela 2-6 Municípios, total e com serviço de manejo de resíduos de construção e demolição, por forma de disposição dos resíduos no solo, segundo as Grandes Regiões e as Unidades da Federação – 2008. Fonte: (PNSB, 2008)**

Grandes Regiões e Unidades da Federação	Municípios									
	Total	Total	Com serviço de Manejo de RCD							
			Forma de disposição no solo							
Disposição em vazadouro, em conjunto com os demais resíduos	Disposição/ Utilização sob controle em aterro convencional, em conjunto com os demais resíduos	Disposição sob controle, em pátio ou galpão de estocagem da prefeitura, específico para resíduos especiais	Disposição transitória sob controle, em aterro da prefeitura específico para resíduos especiais	Disposição transitória sob controle, em aterro de terceiros específico para resíduos especiais	Utilização definitiva e sob controle dos resíduos como material de aterro, pela prefeitura, após triagem e remoção dos resíduos de classes B, C e D.	Utilização definitiva e sob controle dos resíduos como material de aterro, por terceiros, após triagem e remoção dos resíduos de classes B, C e D.	Outra			
Brasil	5564	4031	1330	442	176	267	181	503	292	1235
Norte	449	293	148	27	5	13	11	16	12	71
Nordeste	1793	1454	744	92	21	46	56	143	114	391
Sudeste	1668	1272	207	202	105	126	65	220	97	391
Sul	1188	639	77	74	33	37	37	73	51	284
Centro-Oeste	466	373	154	47	12	45	12	51	18	98

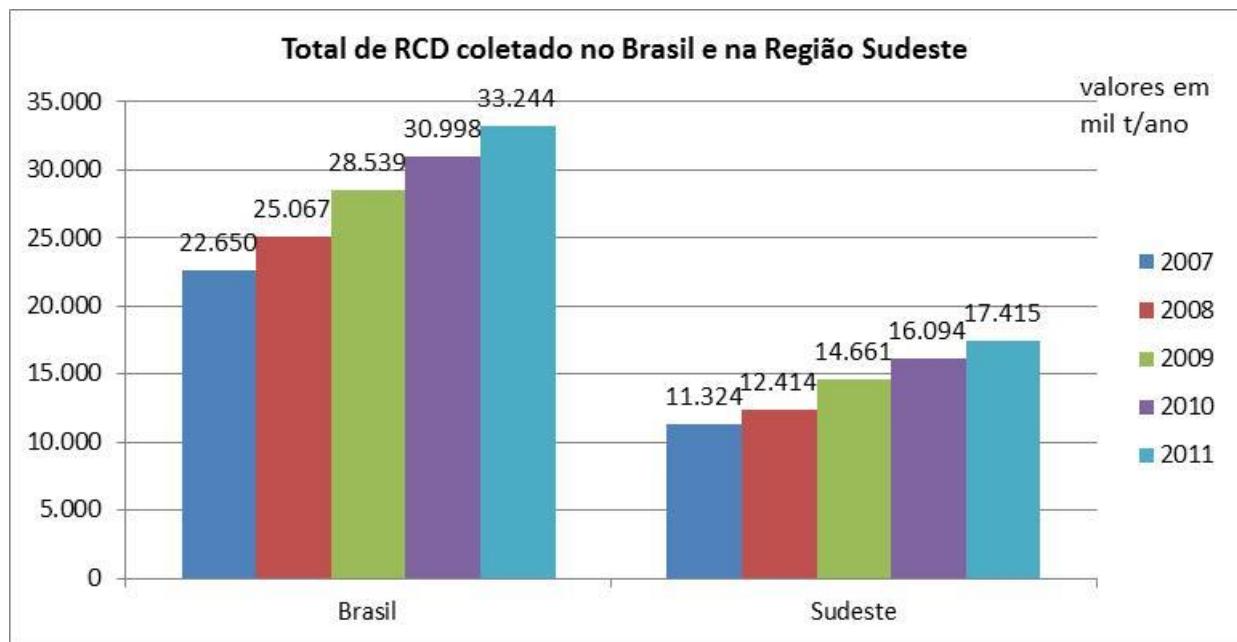
Observa-se que o Brasil possui muitos municípios com serviços de manejo de RCD, mas apenas aproximadamente 7% dos municípios Brasileiros realizam algum tipo de processamento de resíduos, e dentre eles uma grande parcela realiza apenas triagens e Trituração simples. Ainda pode ser observado que muitos municípios despejam seus resíduos em vazadouros, aterros ou outras áreas, não dando uma destinação mais adequada aos RCD e não obtendo os grandes ganhos econômicas, ambientais e sociais que os resíduos de construção e demolição teriam caso fossem destinados a usinas de reciclagem de RCD, permitindo sua reutilização e consequentemente os ganhos citados anteriormente.

A ABRELPE (Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais), representante da ISWA (International Solid Waste Association) no Brasil realizou em 2011 a coleta de dados sobre os resíduos sólidos urbanos (RSU), resíduos de construção e demolição (RCD) e resíduos de serviços de saúde (RSS) em 400 municípios Brasileiros. Nesta encontra-se dados mais atualizados a respeito da geração de RCD no Brasil e na região

Sudeste. Esses dados fazem parte do estudo deste trabalho, a comparação dos dados de anos diferentes e a visualização da evolução da geração de RCD, como pode ser vistos na Tabela 2-7 e na Figura 2-2:

**Tabela 2-7 Dados de RCD coletado no Brasil e na Região Sudeste. Fonte: Panoramas 2007, 2008, 2010 e 2011 – ABRELPE.**

Região	2007		2008		2009		2010		2011		
	RCD coletado (t/dia)	Índice (kg/hab/dia)	População Urbana	RCD coletado (t/dia)	Índice (kg/hab/dia)						
Brasil	72.597	0,476	80.342	0,512	91.444	0,576	99.354	0,618	162.318.568	106.549	0,656
Região Sudeste	36.295	0,507	39.790	0,540	46.990	0,632	51.582	0,691	75.252.119	55.817	0,742



**Figura 2-2 Total de RCD coletado no Brasil e na Região Sudeste. Fonte: Panoramas 2007, 2008, 2010 e 2011 – ABRELPE.**

### 3. REGIÃO ESCOLHIDA

#### 3.1 CONISUD

CONISUD consiste em um consórcio intermunicipal da região sudoeste da grande São Paulo, no qual se encontram as seguintes cidades consorciadas: Embu das Artes, Taboão da Serra, Embu-Guaçu, São Lourenço da Serra, Juquitiba, Itapecerica da Serra, Vargem Grande Paulista e Cotia. Teoricamente, seria uma associação que organizasse as cidades do sudoeste paulista, porém, devido à proximidade com Cotia e Vargem Grande Paulista, ocorreu a entrada dessas duas cidades que pertencem ao oeste de São Paulo. Com relação à representação política do CONISUD, em 17/01/2013, o prefeito de Embu das Artes, Chico Brito, foi eleito ao cargo de presidente do CONISUD. O prefeito de Vargem Grande Paulista, Roberto Rocha, foi eleito vice-presidente.

Abaixo estão apresentados alguns dados pertinentes das cidades que formam o consórcio. Os dados foram retirados no último senso do IBGE, realizado em 2010, como pode-se verificar na Tabela 3-1.

**Tabela 3-1 Dados das cidades do CONISUD Fonte: IBGE (2010)**

	População (hab)	Área Territorial (km <sup>2</sup> )	Densidade Geográfica (hab/km <sup>2</sup> )
<b>Embu das Artes</b>	240.230	70,389	3412,5
<b>Taboão da Serra</b>	244.528	20,387	12.049,87
<b>Embu-Guaçu</b>	62.769	155,63	405,11
<b>São Lourenço da Serra</b>	13.973	186,329	74,96
<b>Juquitiba</b>	28.737	522,18	55,04
<b>Itapecerica da Serra</b>	152.614	150,869	1015,41
<b>Vargem Grande Paulista</b>	42.997	42,483	1021,79
<b>Cotia</b>	201.150	324,01	622,55
<b>Total</b>	986.998	1472,277	670,39

Inaugurado em 2001, o CONISUD atua em defesa dos interesses da região sudoeste da grande São Paulo, que abrange uma população de quase um milhão de habitantes segundo o último senso do IBGE (senso IBGE 2010). Analisando alguns dados apresentados na Tabela 4-1, podemos considerar essa região como tendo um alto adensamento urbano, principalmente na cidade Taboão da Serra. Além disso, o território das cidades associadas se encontra em área de proteção de mananciais. Por esses motivos apresentados, ou seja, população elevada, alta concentração urbana e área de proteção ambiental, é mais que justificável aumentar o investimento em proteção ambiental, esgotamento hidráulico, aterros sanitários, planejamento urbano, dentre outras áreas.

Porém, muitas vezes não é vantajoso para a prefeitura realizar um estudo ou fazer um planejamento para apenas a população de uma cidade. Devido ao fato de serem cidades conurbadas, onde não se sabe mais onde ficam as fronteiras entre cidades, deve-se elaborar projetos de forma que se abranja um grupo de cidades. Com isso, todos os projetos se tornam mais viáveis economicamente e atendem a um maior número de habitantes.

Com isso, a meta das cidades é unir os técnicos para discutir e traçar estratégias para melhoria nas áreas temáticas. O principal argumento da junção é que seria mais fácil traçar diretrizes e ter maior poder de voz ao dialogar com os governos estadual e federal, caso os interesses forem unidos e estabelecidos para uma população superior. O objetivo do consórcio estabelecido é favorecer a articulação regional e implantar políticas públicas e serviços que sejam comuns aos municípios participantes. Foi definido na última reunião deste ano, entre os prefeitos, que o consórcio irá atuar em cinco eixos distintos: coleta e destinação do lixo doméstico e resíduos sólidos, segurança pública, exames laboratoriais, transportes públicos e ICMS ecológico.

No mapa de São Paulo da Figura 3-1, vemos duas divisões delineadas: uma em preto e outra em vermelho. A divisa em preto representa a fronteira da Grande São Paulo. Já a divisa em vermelho, pode-se identificar os municípios que fazem parte do consórcio CONISUD.



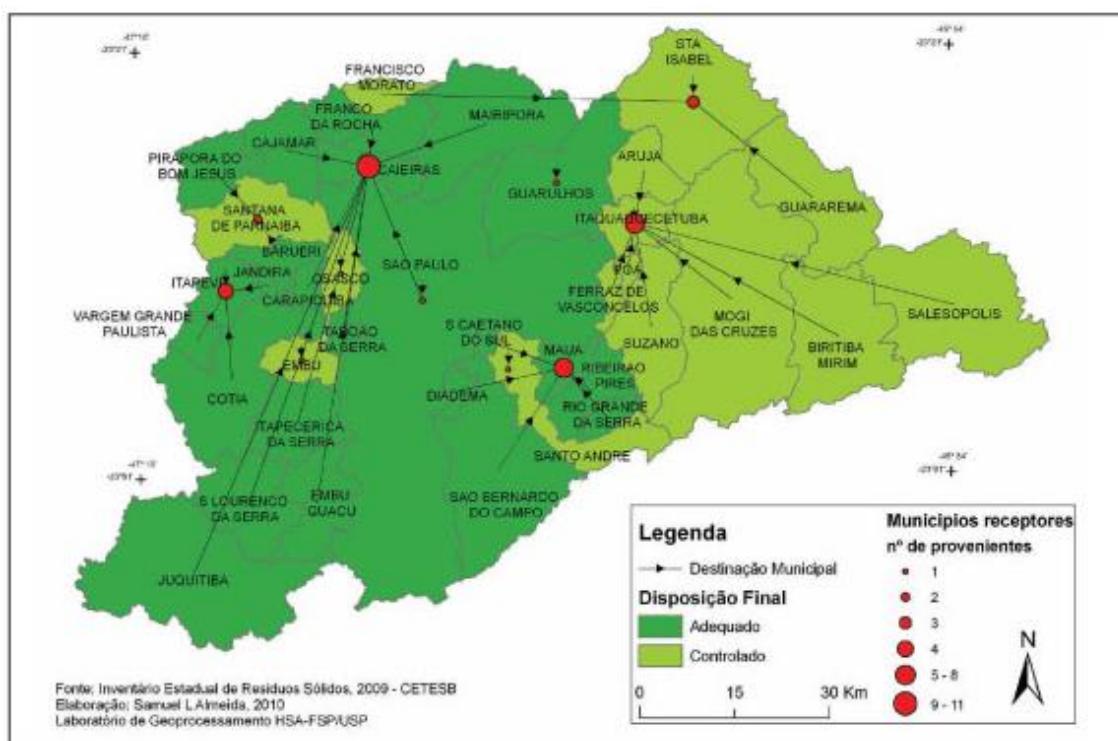
Figura 3-1 Mapa da localização do CONISUD; Fonte: Google Maps

### 3.2 GERAÇÃO DE RESÍDUOS NO CONISUD

Os dados de geração de resíduos na região do consórcio intermunicipal do sudoeste paulista são muito escassos quando se referem à geração de RCD. Os municípios serão obrigados, até dia 2 de Agosto de 2013, da entrega dos planos municipais de resíduos sólidos, sendo que quase todos os municípios da região ainda não possuem o plano, ou estão em fase de aprovação do mesmo, com dados que não foram disponibilizados.

O município de Taboão da Serra foi o único que conseguiu elaborar dentro do prazo, e a partir de seus dados pudemos obter uma geração de resíduos domiciliares da ordem de 6 a 7 mil toneladas por mês, sendo que os RCD possuem uma geração da ordem de 12 mil toneladas por mês (com uma

população de 250 mil habitantes em 2012 daria uma taxa de geração de resíduos da ordem de 1,6 kg/hab/dia). Os resíduos da cidade são levados para o Aterro Caieiras a um custo de R\$ 70/ ton, e a maioria dos outros municípios do consórcio também dá a destinação para o mesmo aterro, cuja distância pode chegar a até 100 km de Juquitiba, por exemplo, sendo que o município de Embu das Artes possui um aterro de uso próprio e os municípios de Cotia e Vargem Grande Paulista levam seu lixo para o município de Itapevi. O mapa com destinações e condição de disposição final dos resíduos domiciliares está apresentado na Figura 3-2.



**Figura 3-2 Mapa com destinação e condição de disposição final dos resíduos domiciliares, 2009. Fonte: BESEN 2011**

A prefeitura de Vargem Grande Paulista, através de seu plano municipal integrado de saneamento básico forneceu alguns dados referentes à geração de RSD, RSI (resíduos sólidos inertes) e RSS, com projeções até o ano de 2040, como se pode observar na Tabela 3-2 abaixo. Estimou-se uma geração da ordem de 0,59 kg/hab/dia para esta cidade no ano de 2015.

**Tabela 3-2 Estimativa da Geração de Resíduos. Fonte: Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico de Vargem Grande Paulista**

Ano	RSD (t/dia)	RSI (m <sup>3</sup> /mês)	RSS (kg/dia)
2010	32,0	541,5	71,3
2015	36,5	613,8	88,4
2020	40,1	669,8	102,6
2025	42,7	710,7	113,6
2030	44,5	739,3	121,5
2035	45,7	758,6	127,0
2040	46,5	771,3	130,7

O município de Juquitiba, através de plano de saneamento básico semelhante ao da cidade de Vargem Grande Paulista, apresentou dados relativos à geração de resíduos domésticos para o ano de 2011 e projeções até 2040, como pode ser visto na Tabela 3-3.

**Tabela 3-3 Projeções de geração de resíduos até 2040**

ANO	2011	2015	2020	2025	2030	2035	2040
Índice (kg/hab/dia)	0,53	0,58	0,66	0,74	0,83	0,94	1,05

Segundo pesquisa realizada por BESEN (2011), na região metropolitana de São Paulo estima-se que a geração per capita média de RSD é 0,8 kg/hab/dia, ao passo que no município de São Paulo essa geração é da ordem de 1 kg/hab/dia.

Alguns dados obtidos de outras cidades da região metropolitana de São Paulo mostram que a geração de resíduos de construção e demolição pode variar enormemente, como para Guarulhos, que em 2009 era da ordem de 1,2 kg/hab/dia, e São Bernardo do Campo, que em 2009 era da ordem de 0,3 kg/hab/dia (ambos os dados foram retirados dos respectivos planos municipais de resíduos sólidos).

O inventário estadual de resíduos sólidos domiciliares de 2011 elaborado pela CETESB trouxe dados referentes à geração de RSD no estado de São Paulo, e os dados referentes ao CONISUD podem ser observados na Tabela 3-4 a seguir.

**Tabela 3-4 Geração de RCD estimada para as cidades do CONISUD.**

Cidade	Lixo (ton/dia)	IQR (2011)	população em 2012 (hab)	geração RCD estimada (kg/hab/dia)
<i>Cotia</i>	123,1	7,2	209027	0,648
<i>Embu das Artes (Embu)</i>	145,6	7,2	245148	0,653
<i>Embu Guaçu</i>	24,6	8,6	63653	0,425
<i>Itapecerica da Serra</i>	76,5	8,6	156077	0,539
<i>Juquitiba</i>	8,9	8,6	29081	0,337
<i>São Lourenço da Serra</i>	5,1	8,6	14241	0,394
<i>Taboão da Serra</i>	148,9	8,6	251608	0,651
<i>Vargem Grande Paulista</i>	17,5	9,3	44555	0,432
<b>Total</b>	<b>550,2</b>		<b>1013390</b>	<b>0,510</b>

O IQR representa o índice de qualidade de aterros de resíduos de cada município, e conforme estimativas obtidas previamente sobre a participação de RCD na massa total de RSU, que varia da ordem de 41 a 70% conforme PINTO (1999), e utilizando-se o valor médio de 55%, obtivemos uma geração média para a região de 0,510 kg/hab/dia em 2012. Vale-se notar que a estimativa para Taboão está bem abaixo dos 1,6 kg/hab/dia previamente obtidos através do plano municipal de resíduos sólidos, mas ainda sim compatíveis com a ordem de grandeza obtida pelo panorama 2011 da ABRELPE.

Utilizando-se o artigo técnico Resíduos de construção e demolição: avaliação de métodos de quantificação (ANGULO et.al., 2011) pudemos estimar uma geração de resíduos para a região baseando-se nos valores de IDH projetados para o ano de 2010 (uma vez que os mesmos ainda não foram divulgados).

O IDH, índice de desenvolvimento humano, é uma medida resumida do progresso a longo prazo em três quesitos básicos: saúde, renda e educação.

Adota-se para os municípios da região o mesmo critério para o cálculo do IDH-M, divulgado PNUD (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento).

O cálculo levou em conta o seguinte critério, esboçado no artigo de ANGULO et.al.(2011) na forma de um gráfico e exposto na Figura 3-3.

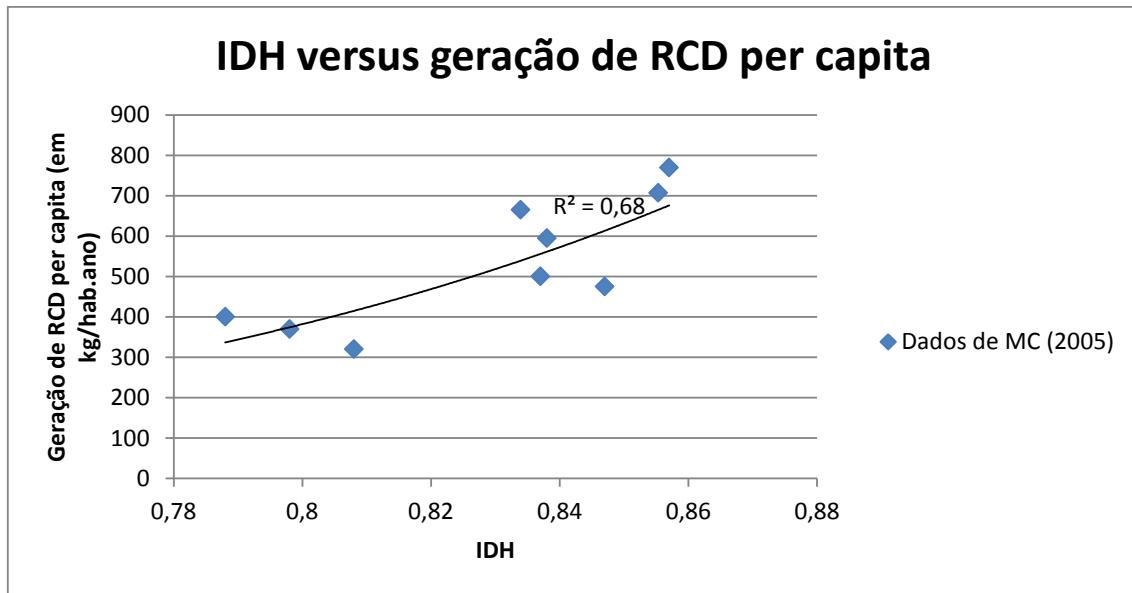


Figura 3-3 Geração de RCD per capita com o crescimento do IDH. (ANGULO ET AL, 2011)

A geração de RCD nos municípios do CONISUD pode ser estimada com base no IDH e está apresentada na Tabela 3-5.

**Tabela 3-5 Estimativa da Geração de RCD com base no IDH para os municípios do CONISUD**

Cidade	IDH 1991	IDH 2000	Variação	IDH 2010 (estimativa)	Estimativa de Geração (em kg/hab.ano)	Geração em kg/hab.dia	População em 2010	Geração em ton/dia	Geração em ton/hora
<i>Cotia</i>	0,787	0,826	0,039	0,853	647,80	2,08	201150	418	52
<i>Embu das Artes (Embu)</i>	0,749	0,772	0,023	0,784	323,31	1,04	240230	249	31
<i>Embu Guaçu</i>	0,730	0,811	0,081	0,854	653,54	2,09	62769	131	16
<i>Itapecerica da Serra</i>	0,747	0,783	0,036	0,808	413,00	1,32	152614	202	25
<i>Juquitiba</i>	0,668	0,754	0,086	0,799	378,62	1,21	28737	35	4
<i>São Lourenço da Serra</i>	0,722	0,771	0,049	0,804	399,92	1,28	13973	18	2
<i>Taboão da Serra</i>	0,767	0,809	0,042	0,838	559,40	1,79	244528	438	55
<i>Vargem Grande Paulista</i>	0,738	0,802	0,064	0,836	548,06	1,76	42997	76	9
<b>Média</b>	<b>0,739</b>	<b>0,791</b>	<b>0,053</b>	<b>0,822</b>	<b>490,46</b>	<b>1,57</b>	<b>total</b>	<b>1567</b>	<b>196</b>

#### **4. USINA DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO**

Uma usina de reciclagem de RCD consiste no tratamento da fração mineral (classe A) para obtenção de agregados para a construção civil. Essa fração mineral é composta por materiais vermelhos (cerâmica, argamassas, solos, etc.) e por materiais cinza (argamassa e concreto).

É imprescindível deixar claro que a viabilidade da implantação de uma usina de reciclagem depende de dois fatores principais: a geração de resíduos da área que será atendida e a demanda pelos produtos produzidos.

Atendendo a esses dois requisitos mínimos, passa-se a outras etapas de implantação que serão abordadas na sequência: estudo das áreas de implantação, análise do entorno, impactos ambientais, seleção de máquinas e equipamentos e detalhamento do projeto.

Nesse projeto, a usina receberá resíduos de diversos municípios, sendo, portanto, em grandes volumes. O material recebido passará por uma triagem, para depois ser processado para a produção de agregados e artefatos dentro da própria usina.

Com relação ao tipo de usina, existem diferentes plantas de beneficiamento de RCD possíveis que variam em relação às suas instalações, podendo ser fixas, semimóveis e móveis. No projeto será adotada a planta fixa, pois será exigida uma maior produção devido ao grande volume de RCD que será beneficiado.

O levantamento das composições dos RCD deve ser realizado para cada região. Neste caso, devido à grande variabilidade da composição dos mesmos e da sua dependência do poder aquisitivo e econômico dos municípios e da quantidade de geradores (construções de edifícios residenciais e comerciais). Este levantamento é essencial para a definição de parâmetros, qualidade e disponibilidade dos RCD.

A NBR 15114:2004 estabelece os requisitos para o projeto, a implantação e a operação das áreas de reciclagem de resíduos da construção civil classe A. Se aplica a beneficiar materiais já triados para produção de agregados reciclados com características para aplicação em obras de infraestrutura e edificações, de forma segura, sem comprometimento das questões ambientais, das condições de trabalho dos operadores dessas instalações e da qualidade de vida das populações vizinhas.

De acordo com a norma acima citada, os projetos de implantação de usinas de reciclagem de RCD devem conter: localização, memorial descritivo, condições de isolamento, condições de identificação, equipamentos de segurança, acessos, preparo da área de operação, proteção das águas superficiais, projeto básico e diretrizes gerais quanto à operação.

#### **4.1 IMPLANTAÇÃO LEGAL**

São os aspectos legais que impulsionam os municípios e os demais agentes envolvidos na cadeia geracional e de manejo de resíduos sólidos a tomarem atitude na gestão e manejos dos mesmos. Na Figura 4-1, foram

organizadas as metas, para a consolidação do ato de implantar e operar uma Usina de reciclagem, de cada contratante, seja este órgão público ou privado.

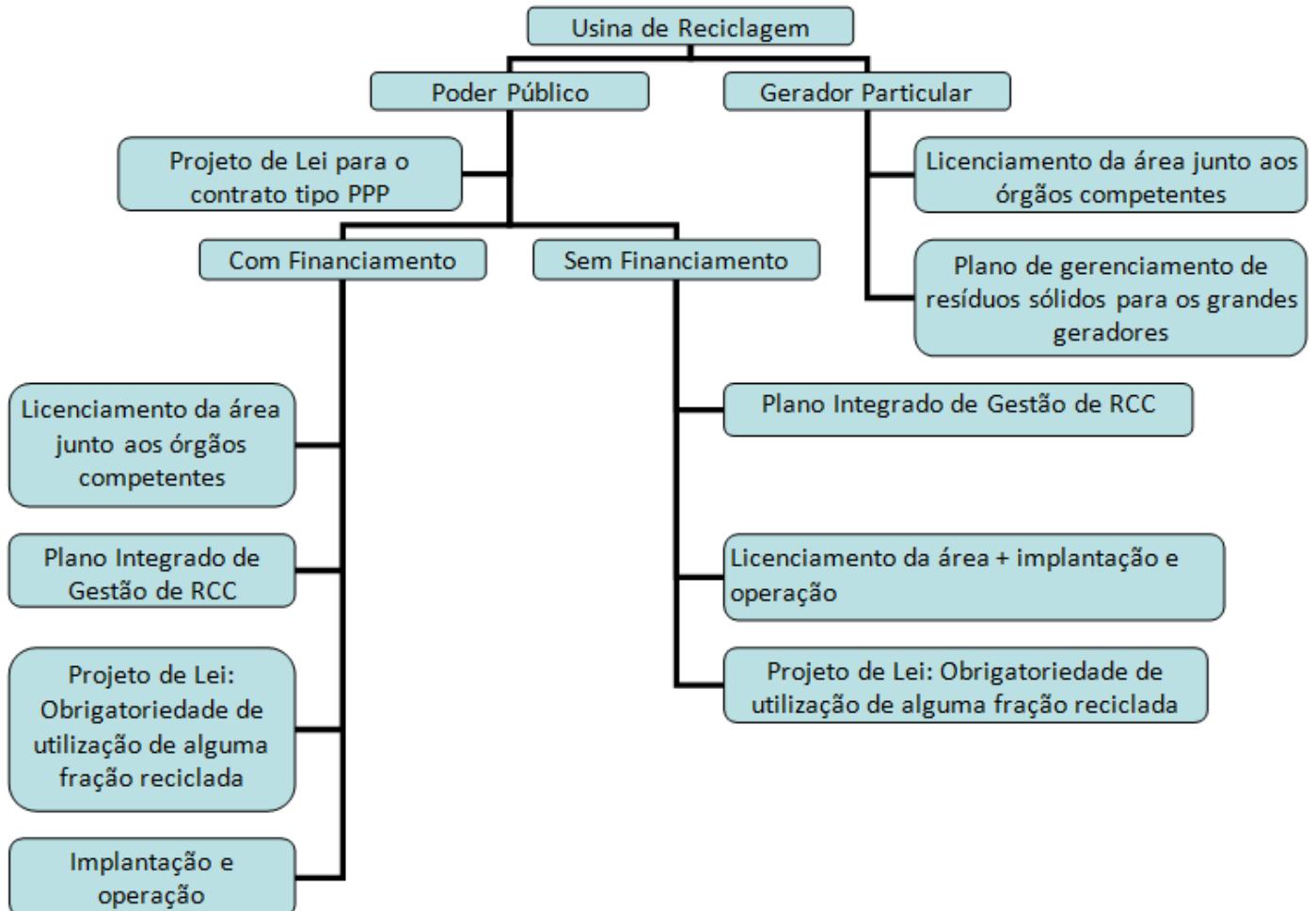


Figura 4-1 Organograma de implantação legal de uma Usina de reciclagem

## 4.2 ÁREA E DISPOSIÇÃO DOS SUBSISTEMAS NA USINA

O projeto estudará a viabilidade de algumas áreas, no mínimo três, em um município do estado de São Paulo. Esta, provavelmente, será uma área ambientalmente degradada para que haja recuperação e utilização adequada da mesma, distante de áreas residenciais devido ao material particulado liberado pelo processo de reciclagem, que podem trazer grandes problemas à

saúde das pessoas, e ao barulho dos equipamentos em operação. Contará, no mínimo, com 10 mil m<sup>2</sup> de área caso não haja área de triagem e transbordo – ATT e, 20 mil m<sup>2</sup>, contando com esta no mesmo local. Existem algumas usinas com áreas menores que 10 mil m<sup>2</sup>, porém com algumas restrições quanto ao serviço prestado e aos materiais recebidos e reciclados.

Os subsistemas da Usina, como galpões metálicos ou de alvenaria, área administrativa, de infraestrutura e operacional, serão projetados de acordo com as normas brasileiras – NBR. O terreno deve ser adequado para manobras de caminhões, de preferência os basculantes, no processo de carga e descarga, ter uma área de estoque de resíduos de construção de demolição – RCD na chegada, outra área, geralmente em desnível para não mistura-los ou contamina-los, para o estoque dos materiais já reciclados e separados por granulometria, e áreas para operação de pás-carregadeiras, esteiras rolantes, britadores e peneiras vibradoras. Essas constatações foram estabelecidas através de visitas em usinas e normas. Também foi feito o contato com fornecedores de equipamentos, sendo obtida uma planta baixa tipo de uma usina de RCD, assim como seus cortes. Esses documentos estão apresentados na Figura 4-6 e Figura 4-7.

Na entrada deve existir uma guarita, sala de administração e balança para conferência de peso do caminhão e, consequentemente, do material que chega. O responsável pela vigilância e controle de entrada faz análise visual do conteúdo da caçamba e controle de quantidade para não ocorrer excesso de material. Este deve se apresentar nas cores cinza ou vermelhas, porém sempre haverá alguns contaminantes como madeiras, plásticos, garrafas, tecidos etc. Com um quantitativo de 5 a 6 funcionários, o estoque de material que chega é triado de maneira rápida e manualmente, para a eliminação de tais resíduos acima citados, sendo estes destinados aos aterros ou a outras Usinas de reciclagem. O processo está apresentado nas Figuras 4-2, 4-3, 4-4 e 4-5.



**Figura 4-2 Prédio da guarita e administração**



**Figura 4-3 Levantamento do material recém-chegado e local de descarga**



**Figura 4-4 Área de estocagem dos materiais virgens advindos diretamente das ATT's ou dos caçambeiros (obras).**



**Figura 4-5 Triagem visual e manual anteriormente à britagem.**

Haverá instalações elétricas de média tensão, redes lógica e telefônica, cercas vivas para minimizar a quantidade de material particulado no ar, rede de água pressurizada e para-raios em pontos específicos.

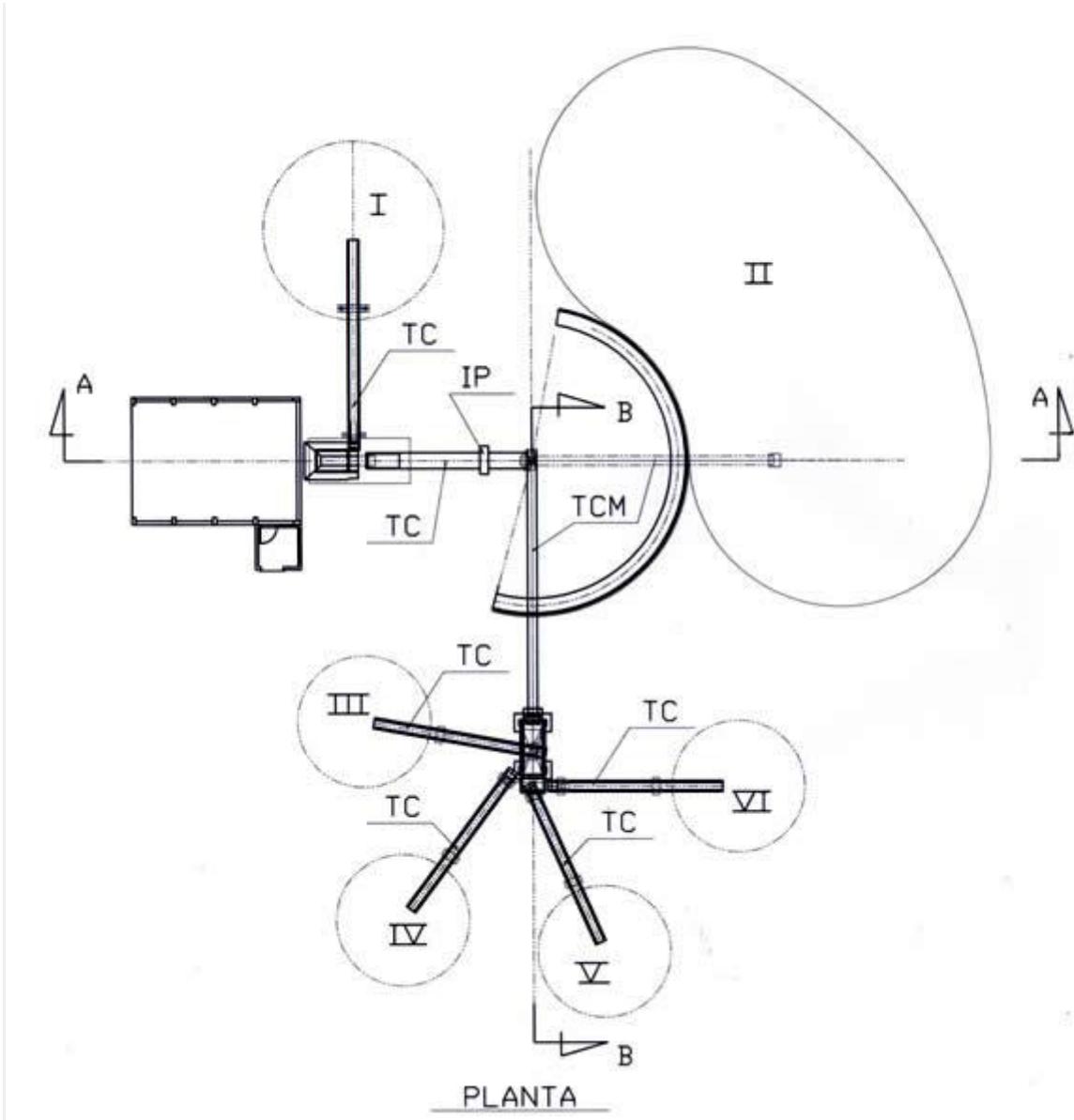
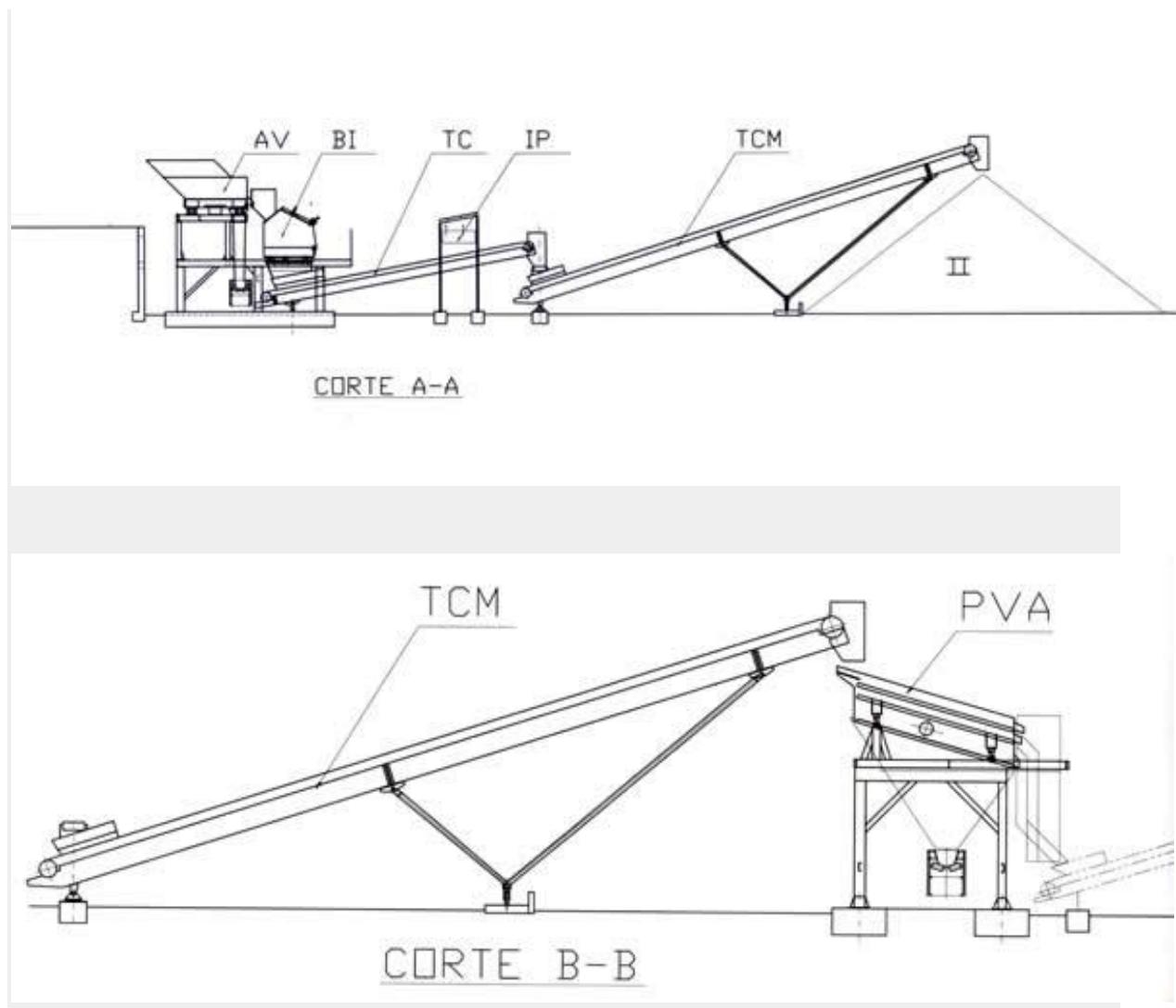


Figura 4-6 Vista em planta da possível distribuição dos subsistemas em uma área de 10 mil m<sup>2</sup>; Fonte: Maqbrit



### Legenda

Principais Equipamentos	Produtos	
	Denominação*	Origem
AV - Alimentador Vibratório	I - Bica corrida reciclada	AV
BI - Britador de Impacto	II - Bica corrida reciclada	BI
PVA - Peneira Vibratória	III - Areia média reciclada	PV
IP - Imã Permanente	IV - Pedrisco reciclado	PV
TCM - Transportador de Correia Móvel	V - Brita reciclada	PV
TC - Transportador de Correia Fixo	VI - Rachão reciclado	PV

\* Conforme tabela PINI da revista "Construção"

Figura 4-7 Vista em planta da rampa de acesso ao britador com desnível de 5 metros;  
Fonte: Maqbrit



**Figura 4-8 Desnível da área do britador em relação à área de estocagem.**

A área de Usina de referência abaixo é de 5 mil m<sup>2</sup> com, apenas, estocagem do RCD, triagem manual, britagem, separação magnética, separação granulométrica e estocagem dos resíduos tratados. É possível a existência deste tipo de Usina, porque a transformação dos materiais tratados em peças de concreto ou tijolos será feita em outro local, como também a área de transbordo e triagem.



**Figura 4-9 Transportadora de correia fixa, empregada para transporte de material britado (bica corrida)**

A estocagem dos materiais tratados e separados é feita nas áreas adjacentes ao perímetro do terreno para que os caminhões e páscarregadeiras transitem sem muitos transtornos.



**Figura 4-10 Estocagem de brita e areia**

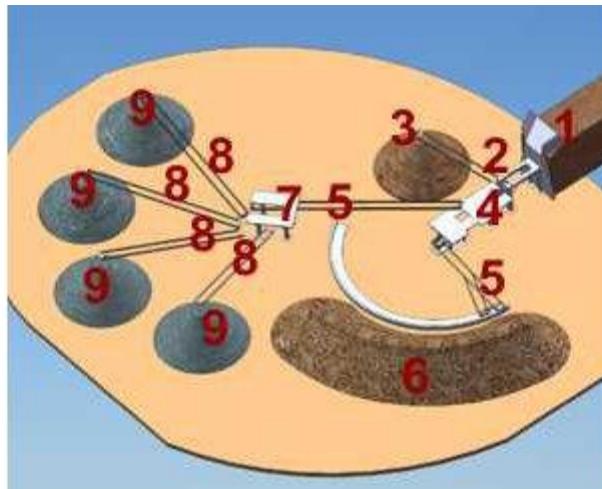
Os materiais reciclados, como a areia, servirão de matérias-primas para as Usinas. Estas fabricarão os tijolos, e outros componentes, a partir da areia. É perceptível a presença de materiais vermelhos devido à cor adquirida no material fabricado, que os torna de pior qualidade em termos de resistência mecânica e porosidade.



**Figura 4-11 Fabricação de peças pré-moldadas a partir da areia proveniente de materiais reciclados.**

### **4.3 OPERAÇÃO E ADMINISTRAÇÃO DA USINA**

Na Figura 4-12, pode-se verificar um esquema típico de uma usina de reciclagem. A partir desse modelo, será explicada a operação que envolve todo o processo de usinagem do material cinza e vermelho.



**Figura 4-12 Esquema de uma Usina de Reciclagem de RCD**

O material a ser britado é colocado no alimentador vibratório (1), no qual existe uma grelha para retirada de materiais finos, a qual recolhe o solo para um transportador de correia (2), formando uma pilha ao lado (3). Este processo de retirada do solo evita o desgaste desnecessário das mandíbulas do britador ou contaminação do material britado.

Do britador (4) sai um transportador de correia radial (5), que pode ser posicionado, hora em direção à pilha de agregado vermelho (6), hora em direção à peneira-vibratória (7). Da peneira vibratória saem agregados de RCD cinza de diversos tamanhos já separados, cada qual levado por um transportador de correia (8) para sua pilha final (9).

Em princípio, os equipamentos levantados neste item servem como base para estudos e experiências futuras em novos projetos, pois cada projeto tem as suas particularidades, recursos e área disponível. Serão relatados, como exemplo na Usina de Reciclagem do município de Osasco, alguns equipamentos essenciais em canteiro de reciclagem, como demonstrada na Tabela 4-1.

**Tabela 4-1 Quantificação de Equipamentos**

Função	Funcionários/Equipamentos	Quantidades mínimas
Operacional	britador	1
Operacional	Pás-carregadeiras	1
Operacional	Balança de precisão	1
Operacional	EPI e EPC	Dependente do número de funcionários
Operacional	ferramentas	Dependente do número de funcionários
Administrativa	Utensílios diversos	Dependente do número de funcionários
Administrativa	Micro-computadores	4

#### 4.4 EQUIPAMENTOS

Os equipamentos que serão utilizados na usina de RCD estão apresentados na Figura 4-13, Figura 4-14, Figura 4-15 e Figura 4-16. As fotos foram tiradas durante visita na usina de UREOSASCO e ECO-X.

##### a) Britador – Figura 4-13



Figura 4-13 Britadores da usina UREOSASCO

##### b) Calha Vibratória – Figura 4-14



**Figura 4-14 Calha vibratória utilizada na usina UREOSASCO**

**c) Transportador de Correias – Figura 4-15**



**Figura 4-15 Transportadores de carga utilizados nas usinas UREOSASCO e ECO-X**

**d) Peneira Vibratória – Figura 4-16**



**Figura 4-16 Peneira Vibratória utilizada na Usina UREOSASCO**

## 5. METODOLOGIA

Este trabalho visa à elaboração do projeto de uma usina de RCD e seu plano de operação para o consórcio CONISUD anteriormente definido. Desta maneira, adotamos para sua elaboração a seguinte metodologia, que pode ser observada em forma de fluxograma na Figura 5-1 abaixo:

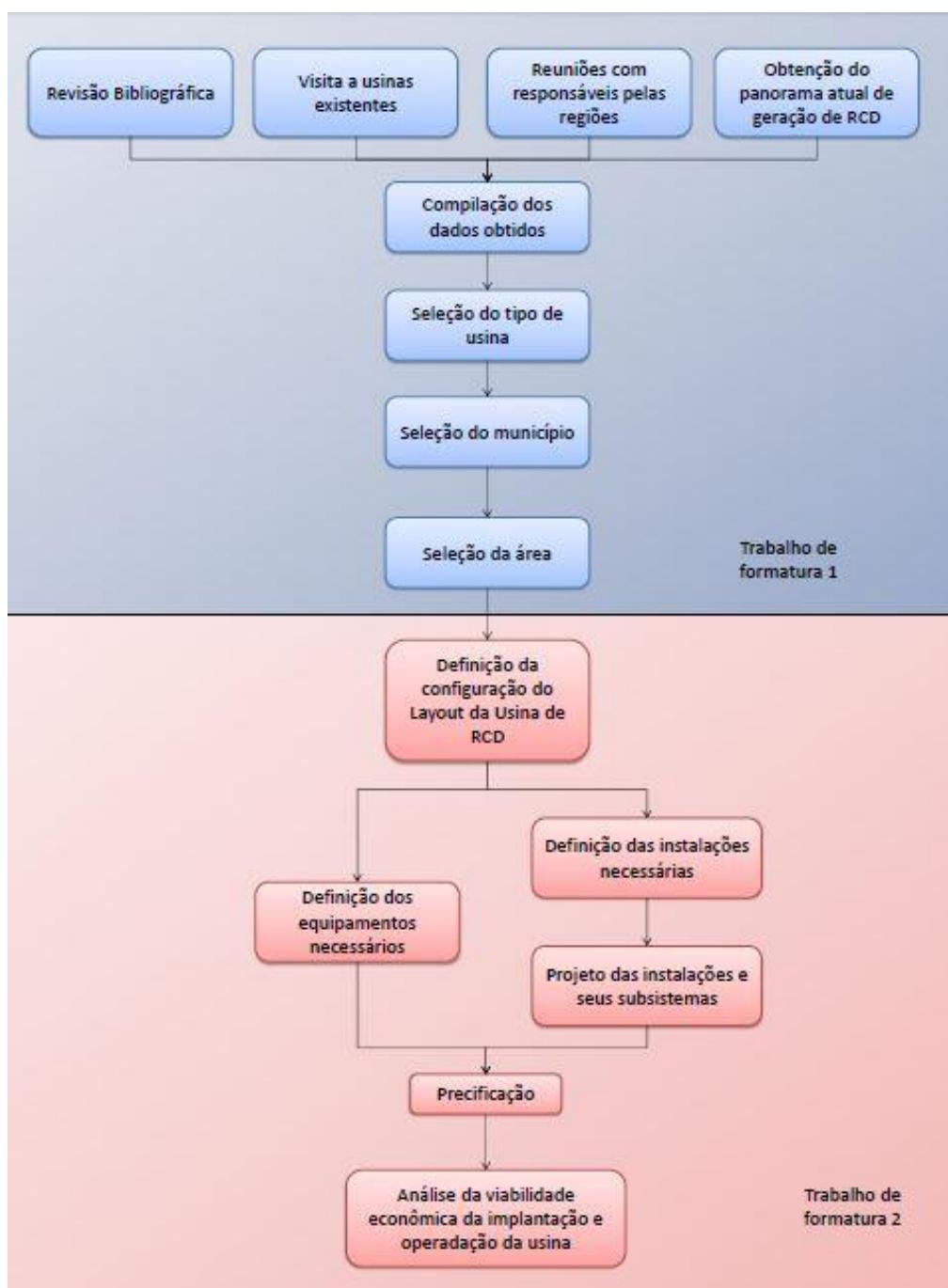


Figura 5-1 Metodologia

Para o início deste trabalho, foi realizada uma extensa pesquisa bibliográfica a respeito do assunto de resíduos de construção e demolição junto a teses e dissertações, realizando também pesquisas de dados do IBGE e de outras entidades a respeito da geração de resíduos na região de estudo e em regiões mais amplas, como o Brasil e o Mundo de forma a se permitir uma possível comparação de valores e resultados.

Ao mesmo tempo, realizamos visitas a usinas do estado de São Paulo, como a Usina de reciclagem de entulho de Osasco (UREOSASCO – Inac) e a ECO-X, localizada em Guarulhos próxima ao aeroporto internacional.

Para a escolha da região onde será implantada a usina de reciclagem, realizamos o contato com inúmeras prefeituras do Estado de São Paulo onde selecionamos algumas dentre as que demonstraram interesse. Dentre essas, realizamos visitas a prefeituras do interior do estado e da região metropolitana de São Paulo, definindo como região escolhida a região que abriga o CONISUD, também conhecida como microrregião de Itapecerica da Serra. Ficou evidente a real necessidade de se dar um destino mais nobre ao RCD coletado pelas cidades que o compõem e permitindo a utilização dos agregados reciclados e dos componentes fabricados pelos municípios componentes do consórcio.

Com todos estes dados, foi possível realizar a compilação dos dados na forma de um relatório preliminar, dando continuidade ao trabalho a partir dai. Deste ponto realizaremos a seleção do tipo de usina (móvel, semi-fixa ou fixa), lembrando que nos foi expressa a prioridade por uma usina fixa, usina esta que já estava em estudo para uma possível instalação no município de Embu das Artes. Com a seleção do tipo de usina passaremos para a seleção do município ou municípios para implantação da usina.

Esta seleção será feita de duas maneiras:

- a) Primeiramente será realizado um estudo utilizando os dados populacionais atuais fazendo uso de um método de avaliação logístico bem simples chamado “método do centro de gravidade”, obtendo-se um possível município para a implantação da usina.
- b) Será realizada uma ponderação utilizando-se o mesmo método, obtida através de uma matriz de decisão que levará em conta fatores como impactos ambientais, impactos sociais e disponibilidade de áreas para implantação da usina.

Uma vez selecionado o município ou municípios (no caso de mais de uma usina e tipo), realizaremos um estudo de seleção de áreas no município utilizando novamente a matriz de decisão, levando-se em conta desta vez o zoneamento da cidade selecionada, impactos ambientais, sociais, entre outros fatores que serão levantados no capítulo seguinte. Na seleção das possíveis áreas para a comparação através da matriz de decisão, a preferência será dada a áreas já degradadas anteriormente por presença de aterros ou extração de minérios, também se utilizando áreas comuns para uma possível comparação.

Junto da seleção das áreas através da matriz realizaremos um estudo de geração de resíduos de construção para a definição da área necessária para a implantação da usina em final de plano. Para isso, utilizaremos os dados de geração obtidos na parte de revisão bibliográfica e consideraremos também que os dados de geração de resíduos da construção de demolição são muito escassos e não disponíveis para as prefeituras das regiões do estudo. Os dados de geração serão obtidos realizando-se uma extração dos valores populacionais para final de plano de operação da usina, multiplicando-se pelos valores de geração obtidos, permitindo-se obter uma estimativa da geração da usina não apenas em final de plano, mas também ano a ano, de forma a se programar expansões da usina até que ela obtenha seu tamanho final.

Após isso verificaremos quais são as documentações necessárias para se obter licenças ambientais e de instalação e operação junto à CETESB, além

de ligações com redes de drenagem urbana e esgoto se existentes, e redes de água e elétricas.

Definida a área da usina poderemos estudar e definir, baseados nas NBR15112 e 15114, um melhor layout para a instalação e operação da usina. A partir deste ponto começaremos a definir quais equipamentos e suas quantidades serão necessárias no início e final de plano, mão-de-obra que será mobilizada e as instalações necessárias para o bom funcionamento da usina e da fábrica de produtos pré-moldados, como guarita, armazéns, pátios de estocagens etc. Essas instalações serão devidamente projetadas levando-se em conta:

- Projeto estrutural em concreto (armado, pré-moldado, protendido etc), alvenaria estrutural ou estrutura metálica;
- Projetos de fundações;
- Projetos de drenagem superficial;
- Projetos de sistemas prediais (Sistema elétrico, sistemas hidráulicos, sistemas de drenagem e águas pluviais, sistemas de esgotos etc);

Além destes projetos, realizaremos também a elaboração de projeto de pavimentação interna à usina (pavimento asfáltico, de concreto, blocos intertravados, etc.) e o projeto de operação da usina, incluindo-se um projeto de logística interna da usina no que se refere ao recebimento, estocagem, liberação de caminhões, etc.

Após a elaboração dos projetos partiremos para a realização do estudo de viabilidade econômica, elaborando a precificação dos componentes projetados e necessários para o funcionamento da usina. Consideraremos os custos de operação e outros componentes econômicos, como também realizaremos o estudo de viabilidade utilizando parâmetros comparativos como Taxa Interna de Retorno (TIR) e Método do Valor Presente (MVP), por exemplo.

## 6. ESCOLHA DA REGIÃO DA USINA

### 6.1 TIPOS DE USINAS DE RCD

Os tipos de usinas de RCD são definidos em três categorias: Usinas móveis, semifixas e fixas (Figura 6-1). As usinas móveis são geralmente compostas por equipamentos de pequeno e médio porte, com produtividade reduzida, mas que possuem alta mobilidade, possibilitando-se sua utilização in-loco em obras. As usinas semifixas são compostas por equipamentos maiores do que os das usinas móveis, com elevada produtividade e que ainda possibilitam o fácil deslocamento do equipamento, permitindo sua utilização em obras rodoviárias por exemplo.

Já as usinas fixas são geralmente as mais caras por dependerem necessariamente de uma área para sua instalação e operação, além de equipamentos maiores e mais caros e da necessidade de se manter um estoque de material para a produção dos agregados. Ainda podemos citar que existe a necessidade de estas estarem localizadas próximas aos centros geradores de RCD.



Figura 6-1 Usinas móveis e fixas

## 6.2 PRODUÇÃO DE AGREGADOS E PRODUTOS PRÉ-FABRICADOS E POSSÍVEIS MERCADOS CONSUMIDORES

Os agregados reciclados podem ter as mais variadas destinações, desde a utilização como base para pavimentação viária até a utilização em argamassas, concretos estruturais ou não e para a produção de artefatos como blocos de alvenaria, blocos para pavimentos intertravados e guias.

A variabilidade dos agregados de RCD reciclados afeta as propriedades dos componentes reciclados conforme demonstrado por ANGULO (2000), variabilidade esta que está intimamente ligada à cultura de construção e demolição da região produtora dos resíduos. A necessidade de realizarem-se triagens de forma a se pré-selecionar os materiais que podem ser reciclados, e também realizar a separação de materiais “cinzas” e “vermelhos” é de fundamental importância para a correta produção do agregado desejado, seja ele brita, pedrisco, areia ou uma mistura de agregados também chamada de bica-corrida.

A produção de agregados por meio da usina permitirá que o consórcio de municípios produza material para consumo próprio com uma série de vantagens como o custo, que pode chegar a 40% mais barato do que os agregados naturais, e a redução de gastos públicos com limpeza urbana e a redução da utilização de áreas de aterros, conforme MIRANDA et. AL (2008). Ainda se considerarmos a proximidade da região com a cidade de São Paulo e cidades da região metropolitana, bem como cidades do interior, podemos perceber facilmente um amplo mercado consumidor para os mais variados tipos de materiais, desde a bica corrida e rachão para pavimentação até materiais mais nobres como os pré-fabricados, que podem ir desde sarjetas e guias até tubos de concreto armado e artefatos mais elaborados, desde que devidamente testados e aprovados para uso.

Segundo relatório do DNPM de 2009<sup>1</sup> sobre Agregados para a construção civil, o percentual de consumo de rocha britada por setor segue o exposto na Figura 8-2, aonde podemos ver que a construção civil representa aproximadamente 66% do consumo e atividades ligadas à pavimentação, estradas e fabricação de artefatos, intimamente ligadas ao material produzido em usinas de RCD que é da ordem de aproximadamente 21%.



**Figura 6-2 Percentual de Consumo Setorial de Rocha Britada**

Segundo o mesmo estudo, o estado de São Paulo em 2007 representava 46 % do mercado consumidor de areia produzida para construção civil e 48 % do mercado consumidor de brita também para construção civil, valores extremamente altos quando comparados a outras unidades da federação. Pode-se avaliar que o consumo dos mesmos deve ter aumentado devido ao aumento de investimentos em infraestrutura e obras públicas devido à presença de grandes eventos no ano de 2014, além de se citar o forte aquecimento do mercado imobiliário, que afeta diretamente atividades ligadas à pavimentação de vias e produção de artefatos de concreto.

Este mesmo relatório mostra que o preço dos materiais de serviços ligados a este ramo tem crescido desde 2001, como pode ser observado na

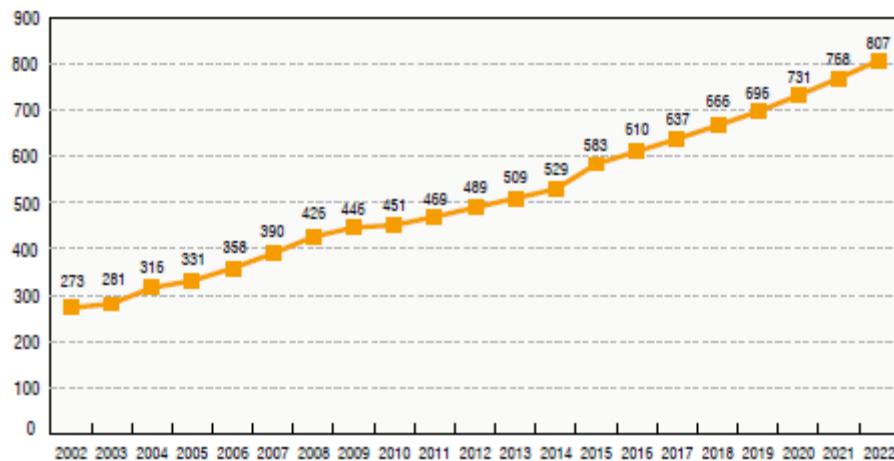
<sup>1</sup> Obtido em: <http://anepac.org.br/wp/wp-content/uploads/2011/07/DNPM2009.pdf>. Acesso em: 11/05/2013

Tabela 6-1 abaixo para o estado de São Paulo. O cenário mostra que os valores por tonelada estão crescendo cada vez mais, o que pode tornar o valor de venda de agregados reciclados vantajosa.

**Tabela 6-1 Valor de Venda de Agregados naturais**

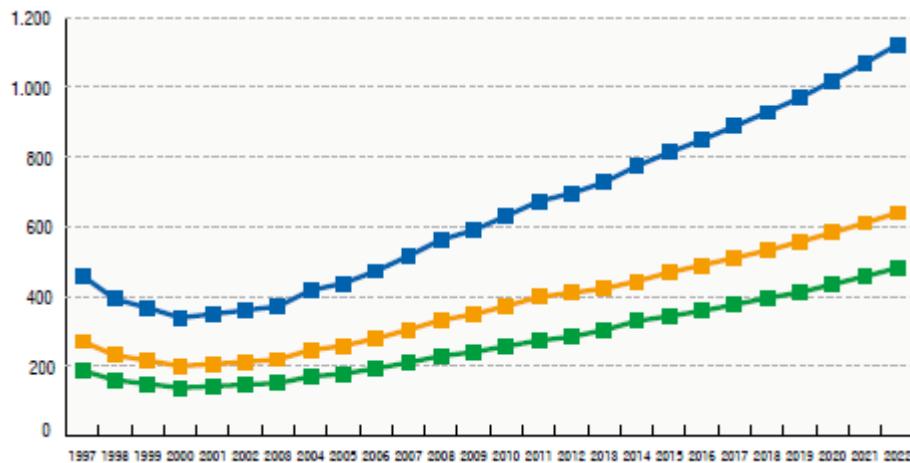
Materiais e serviços = Areia fina – R\$ / t (valores históricos)									
Mês/Ano	jun/01	jun/02	jun/03	jun/04	jun/05	jun/06	jun/07	jun/08	jun/09
Estado de São Paulo	15,85	20,12	21,12	21,34	23,48	27,44	31,4	37,19	49,36
Materiais e serviços = Areia média – R\$ / t (valores históricos)									
Estado de São Paulo	-	-	24,12	23,11	26,74	30,58	36,52	41,74	55,64
Materiais e serviços = Areia grossa lavada para concreto – R\$ / t (valores históricos)									
Estado de São Paulo	15,24	17,68	20,12	20,73	22,56	27,44	29,27	36,59	41,46
Materiais e serviços = Pedra britada nº 2 – R\$ / t (valores históricos)									
Estado de São Paulo	13,47	12,78	16,67	14,78	17,15	18,36	22,56	22,21	29,11

O Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM) trouxe através de um relatório de informações e análises da economia mineral Brasileira<sup>2</sup> dados a respeito da geração de agregados no Brasil, sendo que a produção de agregados para cada ano é exibida através do gráfico abaixo, iniciando-se em 2002 com projeção até o ano de 2022.



**Figura 6-3 Produção de Agregados em Milhões de Toneladas; Fonte: Anepac 2012**

<sup>2</sup>Obtido em: <http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00002806.pdf>. Acesso em: 29/05/2013



**Figura 6-4 - Consumo de Agregados no Brasil em Milhões de Toneladas**

Fonte: Anepac 2012

Pode-se observar claramente um crescimento na produção e no consumo de agregados previsto até o ano de 2022, garantido devido ao aumento dos investimentos nacionais em infraestrutura e habitações. O mesmo relatório estima que o consumo per capita Brasileiro evoluiu de 3,3 ton/hab em 2010 para 3,5 ton/hab em 2011, sendo estes valores muito distantes dos valores históricos de 6 a 7 toneladas por habitantes observados em outros países. Outro relatório do IBRAM referente à visão da mineração de agregados no Brasil, datado de 2007, relata que o consumo per capita para o ano de 2006 era estimada em 2,2 ton/hab para o território Brasileiro, e aproximadamente 3,6 ton/hab para o estado de São Paulo, este último valor tendo provavelmente sofrido um aumento de ordem próxima ao do consumo médio Brasileiro para o ano de 2011.

Vale ressaltar a importância dos agregados para as obras de engenharia civil (apesar de restrições quanto ao uso de agregados reciclados em concretos estruturais), retirados do ANEPAC 2012:

- Para cada quilômetro de uma linha de metrô são consumidas 50 mil toneladas de agregados;
- Na construção de cada quilômetro de estrada pavimentada são consumidas cerca de 9.800 toneladas de agregados;

- Para casas populares de 50 m<sup>2</sup> são consumidas em média 68 toneladas de agregados;
- Edificações consomem em média 1.360 toneladas de agregados a cada 1.000 m<sup>2</sup>.

Uma estimativa de consumo de agregados para a região, levando-se em conta a população projetada e geração projetadas de RCD para toda a região dos 8 municípios do CONISUD (cujos cálculos serão mostrados mais adiante) e os valores médios obtidos no relatório do IBRAM, está apresentada na Tabela 6-2.

**Tabela 6-2 Projeção da estimativa de consumo de agregados.**

Consumo Agregados Brasil per capita			2,2 t/hab/ano		Consumo Agregados Estado de SP per capita	3,6 t/hab/ano	
Ano	Total (t/h)	Total (t/ano)	Total População	Estimativa Agregados Brasil (t/ano)	Geração de RCD/Total estimado	Estimativa Agregados SP (t/ano)	Geração de RCD/Total estimado
2015	243	605339	1066418	2346121	26%	3839106	16%
2035	421	1049926	1331847	2930064	36%	4794650	22%

Como se pode observar, com a produção estimada por ano e com os consumos médios obtidos pode-se perceber que a produção de agregados poderia ser facilmente destinada ao consumo, em substituição dos agregados naturais, levando-se em conta também outros fatores como preço e distância de transporte.

Podemos considerar ainda que num futuro não tão distante, quando questões ligadas ao meio ambiente tornarem-se mais rígidas e severas do que são tratadas hoje em dia, como a criação de novos impostos e taxas para extração de materiais de pedreiras e portos de areia, o material natural que hoje em dia é de baixo custo e pode ser mais vantajoso quando comparado aos agregados reciclados poderá tornar-se inviável economicamente, permitindo-se assim a ampla difusão de utilização de usinas para a reciclagem e produção de agregados para obras além das utilizadas atualmente.

Infelizmente devemos considerar também a falta de informação que permeia a produção e utilização dos agregados reciclados, muitas vezes considerados de baixa qualidade, mas que na realidade pode ser compatibilizada com os diferentes requisitos de uso na construção. A variabilidade sim pode ser um critério que ainda dificulta sua utilização e emprego em outras áreas não muito utilizadas atualmente.

### 6.3 GERAÇÃO DE RESÍDUOS DA REGIÃO DO CONISUD

Para obtermos uma estimativa de quantidade de resíduos gerados atualmente e para final de projeto, precisamos primeiramente realizar um estudo de crescimento populacional da região. Para isto adotaremos o método da curva logística para obter uma previsão para 20 anos a partir da data de instalação da usina, que provavelmente se dará em 2015. O método da curva logística segue o seguinte critério:

- É necessário se conhecer 3 pontos ( $P_0$ ,  $P$  e  $P_1$ ) cronologicamente equidistantes correspondentes a 3 datas anteriores  $t_0$ ,  $t$  e  $t_1$ . Para o nosso caso as 3 datas mais recentes que possuímos não estão espaçamentos equidistantes, portanto utilizaremos os valores populacionais dos anos de 2010, 2000 e 1991, sendo este último assumido como igual ao do ano de 1990 para obtermos as constantes necessárias;
- Adota-se a curva de crescimento populacional como:

$$P = \frac{K}{1+e^{a-b.t}} \quad (\text{Equação 6.1})$$

Aonde:

**K** é o valor de saturação ou o limite de  $P$ , obtido por:

$$K = \frac{2P_0 \cdot P \cdot P_1 - (P^2) \cdot (P_0 + P_1)}{P_0 \cdot P_1 - (P^2)} \quad (\text{Equação 6.2})$$

**a** é obtido por:  $a = \frac{1}{0,4343} \log \left( \frac{K-P_0}{P_0} \right)$

**b** é a razão de crescimento, obtido por:  $b = \frac{1}{0,4343 \cdot d} \log \left( \frac{P \cdot (K-P_0)}{P_0 \cdot (K-P)} \right)$ , onde d é expresso em décadas.

Com o exposto acima, e os dados da Tabela 6-3 abaixo obtive-se os resultados para todas as cidades, com exceção da cidade de São Lourenço da Serra, uma vez que esta possuía menos dados que o necessário para se obter a estimativa populacional. Os parâmetros utilizados como auxílio das contas estão apresentados na Tabela 6-4.

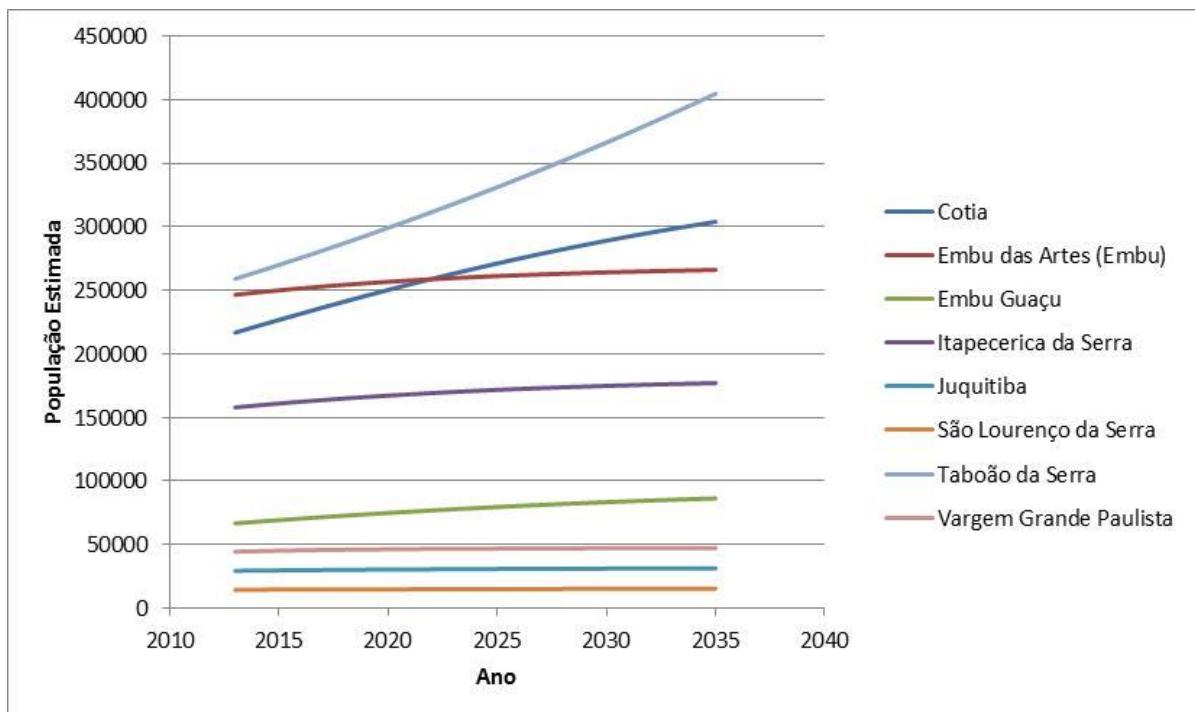
**Tabela 6-3 Estimativa populacional dos municípios do CONISUD**

Cidade	População no ano de								Área total (km <sup>2</sup> )
	1950	1960	1970	1980	1991	2000	2010	2012	
Cotia	12218	15490	30924	62952	107453	148987	201150	209027	324,01
Embu das Artes (Embu)	4028	4997	18148	95800	155990	207663	240230	245148	70,389
Embu Guaçu	3815	4753	10280	21043	36277	56916	62769	63653	155,63
Itapecerica da Serra	8245	14193	25314	60476	93146	129685	152614	156077	150,869
Juquitiba	5836	5838	7267	12492	19969	26459	28737	29081	522,18
São Lourenço da Serra	-	-	-	-	-	12199	13973	14241	186,329
Taboão da Serra	-	7117	40945	97655	160084	197644	244528	251608	20,387
Vargem Grande Paulista	-	-	-	-	15870	32683	42997	44555	42,483
<b>Total</b>	<b>34142</b>	<b>52388</b>	<b>132878</b>	<b>350418</b>	<b>588789</b>	<b>812236</b>	<b>986998</b>	<b>1013390</b>	<b>1472,277</b>

**Tabela 6-4 Parâmetros utilizados para a estimativa populacional dos municípios do CONISUD**

Cidade	Parâmetros da curva Logística			Estimativas Populacionais		
	K	a	b	P (2013)	P (2015)	P (2035)
Cotia	356167,07	3,34	0,60	216677	226712	303872
Embu das Artes (Embu)	269509,91	-0,32	0,89	246527	250015	266036
Embu Guaçu	95433,53	3,18	0,64	66752	69248	86332
Itapecerica da Serra	181790,28	3,05	0,78	157923	160989	177018
Juquitiba	31678,47	1,21	0,87	29365	29713	31317
São Lourenço da Serra	-	-	-	14400	14600	15400
Taboão da Serra	4053551,94	3,19	0,22	259057	269957	404618
Vargem Grande Paulista	47372,73	0,69	1,49	44474	45185	47255
			<b>total</b>	<b>1035175</b>	<b>1066418</b>	<b>1331847</b>

Os parâmetros da curva logística foram obtidos com o seguinte critério: Para os municípios de Cotia, Embu Guaçu e Itapecerica da Serra utilizamos os dados de 1950, 1980 e 2010, igualmente espaçados em 30 anos. Para os municípios de Vargem Grande Paulista, Taboão da Serra e Embu das Artes utilizamos os valores de 1991, 2000 e 2010, sendo que admitimos aceitável assumir como iguais os dados de 1991 como de 1990, para permitir um espaçamento de 10 anos entre os dados. Para o município de Juquitiba utilizamos os dados de 1970, 1991 e 2010, igualmente espaçados em 20 anos e admitindo-se o mesmo para a data de 1991. Os gráficos de crescimento das populações para o horizonte de projeto e do crescimento de toda a população do CONISUD podem ser visualizados na Figura 6-5.



**Figura 6-5 Gráficos de crescimento das populações dos municípios do CONISUD**

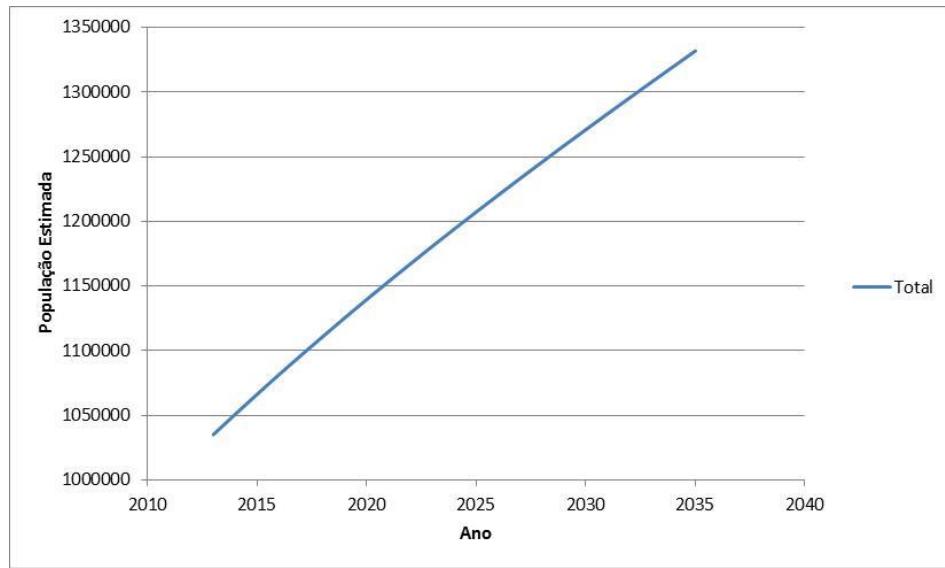


Figura 6-6 Gráfico do crescimento populacional de toda região do CONISUD

Para a população de São Lourenço da Serra utilizamos o método gráfico para obter as populações em 2013, 2015 e 2035 em final de projeto, gráfico este exibido na Figura 6-7.

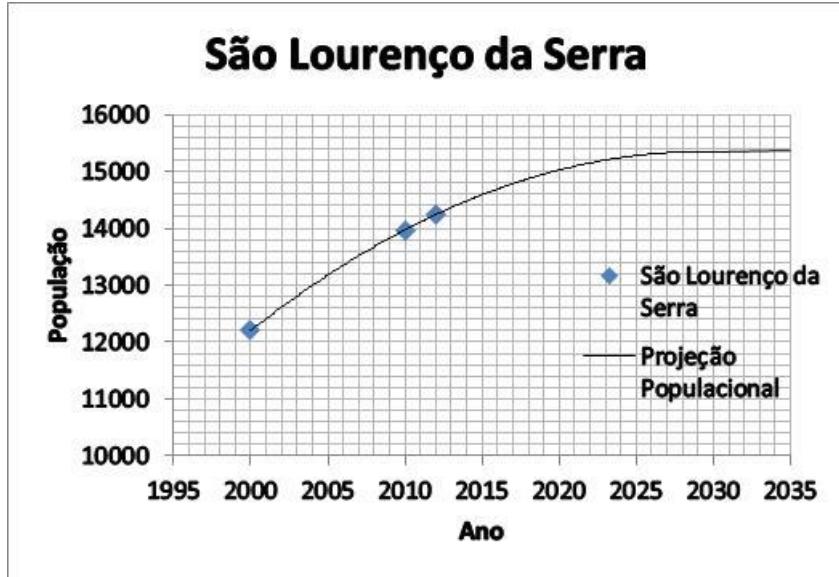


Figura 6-7 Gráfico do crescimento populacional da cidade de São Lourenço da Serra

Como se pode perceber através das estimativas obtidas, a população terá um aumento da ordem de 33% em toda a região. Para a estimativa de geração de resíduos da região em todo o horizonte de projeto, utilizaremos a

estimativa obtida por ANGULO et.al.(2011) que relaciona a geração de RCD per capita com o IDH, uma vez que dados mais precisos não foram obtidos junto aos municípios do CONISUD, com exceção de Taboão da Serra, cuja geração era da ordem de 1,6 kg/hab/dia em 2012 de acordo com o plano municipal de resíduos sólidos. Uma estimativa para a geração de RCD em Vargem Grande Paulista, levando-se em conta o valor de 541,5 m<sup>3</sup>/mês em 2010 e uma densidade da ordem de 1,2 ton/ m<sup>3</sup>, é da ordem de 0,48 kg/hab/dia (0,59 kg/hab/dia para o ano de 2015, com produção mensal de 613,8 m<sup>3</sup>).

A utilização dos dados obtidos no Panorama da ABRELPE, apesar de reais, não representam a totalidade de geração de resíduos nas regiões de estudo abordadas, sendo assim, sua utilização poderia levar ao subdimensionamento da usina para a região.

Para iniciar a projeção, obtivemos os valores de IDH da região para os anos de 1991 e 2000, cujos valores estão apresentados na Tabela 6-5 a seguir. Com estes valores pudemos obter uma primeira estimativa do IDH para o ano de 2010, uma vez que apesar de sua data de divulgação ser no primeiro trimestre de 2013, ainda não houve sua divulgação.

**Tabela 6-5 Estimativa do IDH para os municípios do CONISUD**

Cidade	IDH 1991	IDH 2000	Variação	IDH 2010 (estimativa)
<i>Cotia</i>	0,787	0,826	0,039	0,853
<i>Embu das Artes (Embu)</i>	0,749	0,772	0,023	0,784
<i>Embu Guaçu</i>	0,730	0,811	0,081	0,854
<i>Itapecerica da Serra</i>	0,747	0,783	0,036	0,808
<i>Juquitiba</i>	0,668	0,754	0,086	0,799
<i>São Lourenço da Serra</i>	0,722	0,771	0,049	0,804
<i>Taboão da Serra</i>	0,767	0,809	0,042	0,838
<i>Vargem Grande Paulista</i>	0,738	0,802	0,064	0,836
<b>Média</b>	<b>0,739</b>	<b>0,791</b>	<b>0,053</b>	<b>0,822</b>

A primeira estimativa foi realizada utilizando-se um valor médio de variação da região, único dado disponível para se realizar a projeção. Sabe-se

também que o crescimento do IDH não segue necessariamente uma regra, podendo-se até ter diminuições nos valores do índice para os municípios caso haja uma diminuição nos quesitos saúde, educação ou renda. Dessa forma, fez-se necessária a introdução de algumas premissas, das quais a mais importante é que a progressão do IDH segue o roteiro elaborado pela PNUD<sup>3</sup> para projeção do IDH dos países participantes da amostra, levando-se em conta países com desenvolvimento semelhante ao dos municípios participantes e também a projeção de IDH Brasileiro.

As projeções de IDH obtidas para os anos de 2015 e 2035 são exibidas na Tabela 6-6 abaixo:

**Tabela 6-6 Projeção do IDH para os municípios do CONISUD**

Cidade	IDH 1991	IDH 2000	Variação	IDH 2010 (estimativa)	IDH 2015 (estimativa)	IDH 2035 (estimativa)
<i>Cotia</i>	0.787	0.826	0.039	0.853	0.863	0.896
<i>Embu das Artes (Embu)</i>	0.749	0.772	0.023	0.784	0.787	0.817
<i>Embu Guaçu</i>	0.730	0.811	0.081	0.854	0.888	0.906
<i>Itapecerica da Serra</i>	0.747	0.783	0.036	0.808	0.816	0.847
<i>Juquitiba</i>	0.668	0.754	0.086	0.799	0.838	0.860
<i>São Lourenço da Serra</i>	0.722	0.771	0.049	0.804	0.821	0.863
<i>Taboão da Serra</i>	0.767	0.809	0.042	0.838	0.850	0.886
<i>Vargem Grande Paulista</i>	0.738	0.802	0.064	0.836	0.857	0.875
<b>Média</b>	<b>0.739</b>	<b>0.791</b>	<b>0.053</b>	<b>0.822</b>	<b>0.840</b>	<b>0.869</b>

Com esses dados e a curva obtida na análise de ANGULO et.al (2011), e adotando-se um ano com 312 dias e um dia de trabalho de 8 horas, obtiveram-se os resultados apresentados na Tabela 6-7.

<sup>3</sup> Método de projeção obtido em  
[http://hdr.undp.org/en/reports/global/hdr2010/papers/HDRP\\_2010\\_40.pdf](http://hdr.undp.org/en/reports/global/hdr2010/papers/HDRP_2010_40.pdf)

**Tabela 6-7 Estimativas de geração de RCD para os municípios do CONISUD**

Cidade	Estimativa de Geração 2015 (em kg/hab.ano)	População em 2015	Geração em ton/hora em 2015	Estimativa de Geração 2035 (em kg/hab.ano)	População em 2035	Geração em ton/hora em 2035
<i>Cotia</i>	716,18	226712	65	980,08	303872	119
<i>Embu das Artes (Embu)</i>	332,93	250015	33	454,92	266036	48
<i>Embu Guaçu</i>	907,31	69248	25	1074,63	86332	37
<i>Itapecerica da Serra</i>	452,05	160989	29	614,01	177018	44
<i>Juquitiba</i>	561,14	29713	7	695,09	31317	9
<i>São Lourenço da Serra</i>	472,72	14600	3	713,67	15400	4
<i>Taboão da Serra</i>	629,67	269957	68	886,88	404618	144
<i>Vargem Grande Paulista</i>	676,61	45185	12	804,36	47255	15
	<b>Média</b>	<b>Total</b>	<b>Total</b>	<b>Média</b>	<b>Total</b>	<b>Total</b>
	<b>593,58</b>	<b>1066418</b>	<b>243</b>	<b>777,95</b>	<b>1331847</b>	<b>421</b>

Para o horizonte de projeto, obtivemos as gerações a cada ano para cada um dos municípios, exibida na Tabela 6-8.

**Tabela 6-8 Projeção das gerações de RCD em ton/h para os municípios do CONISUD**

Ano	Cotia	Embu das Artes (Embu)	Embu Guaçu	Itapecerica da Serra	Juquitiba	São Lourenço da Serra	Taboão da Serra	Vargem Grande Paulista	Total (t/h)
	(t/h)	(t/h)	(t/h)	(t/h)	(t/h)	(t/h)	(t/h)	(t/h)	
2015	65	33	25	29	7	3	68	12	243
2016	68	34	26	30	7	3	71	12	250
2017	70	35	26	31	7	3	73	13	258
2018	73	36	27	31	7	3	76	13	266
2019	75	36	28	32	7	3	79	13	274
2020	78	37	28	33	7	3	82	13	282
2021	80	38	29	33	7	3	85	13	290
2022	83	39	30	34	7	3	89	13	298
2023	86	39	30	35	8	3	92	14	307
2024	88	40	31	36	8	3	96	14	315
2025	91	41	31	36	8	3	99	14	324
2026	94	42	32	37	8	4	103	14	333
2027	97	42	33	38	8	4	107	14	342
2028	99	43	33	38	8	4	111	14	351
2029	102	44	34	39	8	4	115	14	361
2030	105	45	34	40	8	4	120	15	370
2031	108	45	35	41	8	4	124	15	380
2032	111	46	36	41	8	4	129	15	390
2033	114	47	36	42	9	4	134	15	400
2034	116	48	37	43	9	4	139	15	410
2035	119	48	37	44	9	4	144	15	421

Uma boa estimativa para a produção de agregados numa usina de forma que esta seja viável economicamente está entre 30 e 40 t/h, segundo

JADOVSKI (2005). Portanto, pode-se observar que para ambas as estimativas de gerações de resíduos os valores obtidos de produção por hora são, numa primeira análise, viáveis, porém os resultados obtidos são extremamente elevados. Considerando-se ainda conhecidos dados de outras usinas como a UREOSASCO (INAC), a qual possui área aproximada de 5000 m<sup>2</sup> e produção diária de 200 toneladas/dia, da Eco-X, podemos estimar como um possível valor médio de capacidade de processamento médio igual a 0,0043 ton/m<sup>2</sup>/h. A capacidade de processamento de usinas existentes está na Tabela 6-9.

**Tabela 6-9 Capacidade de processamento de Usinas existentes**

Usina	Área Aproximada (m <sup>2</sup> )	Produção Estimada (t/h)	Capacidade de Processamento (t/m <sup>2</sup> /h)
UREOSASCO	5000	25	0,0050
Eco-X	9000	65	0,0072
RMP Recicladora de Entulho	80000	48	0,0006
<b>média</b>			<b>0,0043</b>

Com isto, podemos estimar uma área necessária da ordem de:

$$\text{Área} = \frac{421 \text{ t/hora}}{0,0043 \text{ t/m}^2/\text{hora}} = 97.906 \text{ m}^2 \quad (\text{Equação 6.3})$$

Como se pode observar, esta área obtida está com uma dimensão muito elevada, o que pode dificultar obter um terreno com tamanhas dimensões dentro de um município. Além disso, a taxa de reciclagem de resíduos obtida, tanto para início quanto para final de plano está muito elevada, sendo que seriam necessários vários equipamentos funcionando já em início de plano.

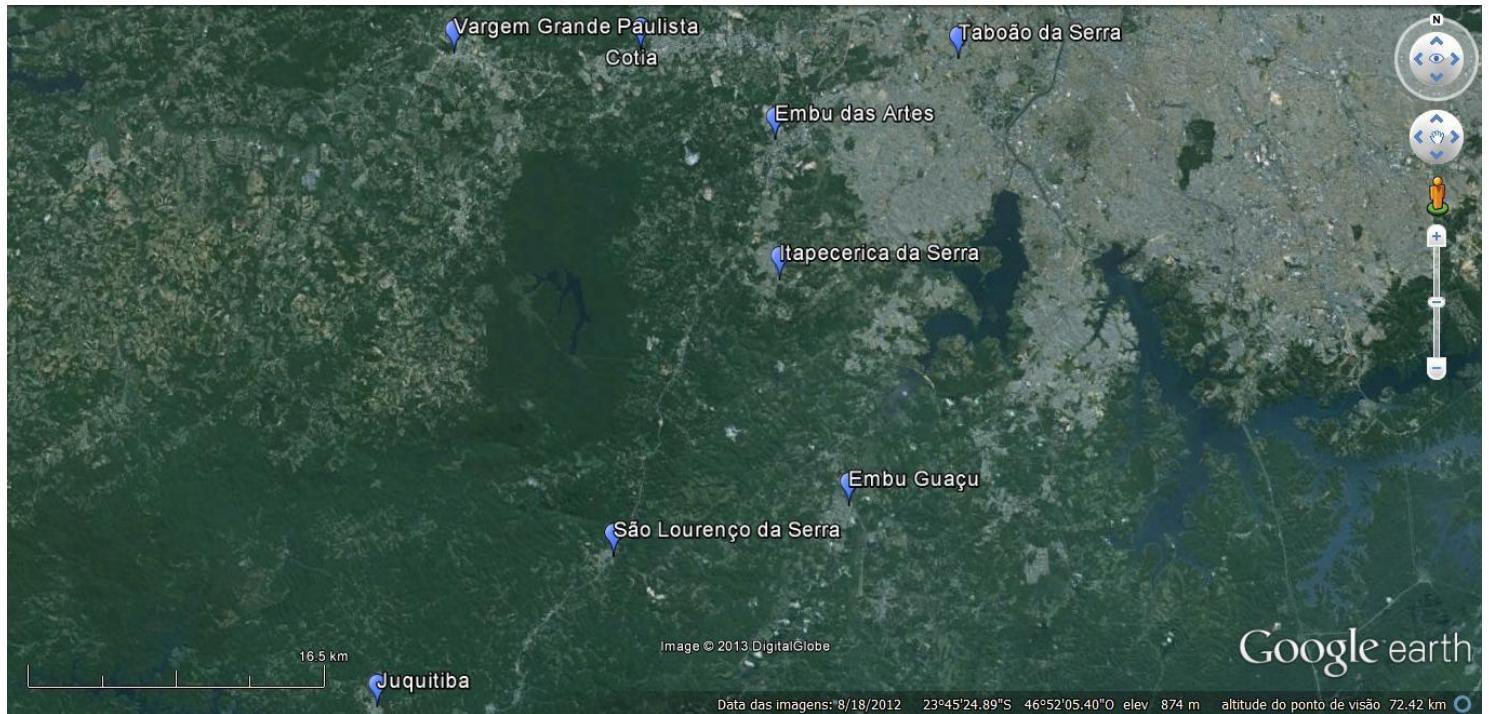
Desta maneira faz-se necessário o estudo de outras possibilidades além de se implantar uma única usina de RCD, partindo-se também para uma análise de possíveis municípios para sua instalação, análise esta que será realizada nos próximos itens, logo após a definição de um município para a elaboração de uma única usina.

## 6.4 ESCOLHA DO TIPO DE USINA

Considerando-se a região de estudo e seus dados populacionais e de distâncias, podemos constatar pelos dados da Tabela 8-10 abaixo que cidades que estão muito distantes geograficamente, inclusive dentro da própria microrregião de Itapecerica da Serra como as cidades de São Lourenço da Serra e Juquitiba, possuem pequenas populações se comparadas com a população total (da ordem de 4,27%), o que permitiria a adoção de uma usina que estivesse mais próxima de regiões mais centrais do consórcio, como Cotia, Embu das Artes e Itapecerica da Serra, o que tornaria as distâncias a se percorrer entre as cidades e a usina fixa da ordem de no máximo 25 km e viabilizaria a utilização de uma planta fixa. A Tabela 6-10 apresenta a população e distância de São Paulo dos municípios do CONISUD.

**Tabela 6-10 População e distância de São Paulo para os municípios do CONISUD**

Cidade	população 2010	população 2012	Distância ao centro de SP (km)
<i>Cotia</i>	201150	209027	34
<i>Embu das Artes (Embu)</i>	240230	245148	23
<i>Embu Guaçu</i>	62769	63653	48
<i>Itapecerica da Serra</i>	152614	156077	33
<i>Juquitiba</i>	28737	29081	74
<i>São Lourenço da Serra</i>	13973	14241	52
<i>Taboão da Serra</i>	244528	251608	18
<i>Vargem Grande Paulista</i>	42997	44555	45
<b>Total</b>	<b>986998</b>	<b>1013390</b>	



**Figura 6-8 Região do CONISUD; Fonte: Google Earth**

Devemos considerar ainda que os municípios atualmente dão destinação ao seu lixo urbano na região de Caieiras, sendo a distância de Juquitiba até Caieiras da ordem de 100 km, o que viabilizaria uma usina localizada a meio caminho.

## 6.5 ESCOLHA DA REGIÃO DA USINA

Para uma primeira análise da escolha da cidade para implantar a usina de RCD utilizaremos o método do centro de gravidade explicitado abaixo, levando-se em conta os resultados de geração em toneladas por hora, obtidos da análise prévia, conforme a seguinte formulação.

$$x_{CG} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i * (g_i)}{\sum_{i=1}^n (g_i)} \text{ e } y_{CG} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i * (g_i)}{\sum_{i=1}^n (g_i)} \text{ (Equação 6.4)}$$

Em que:

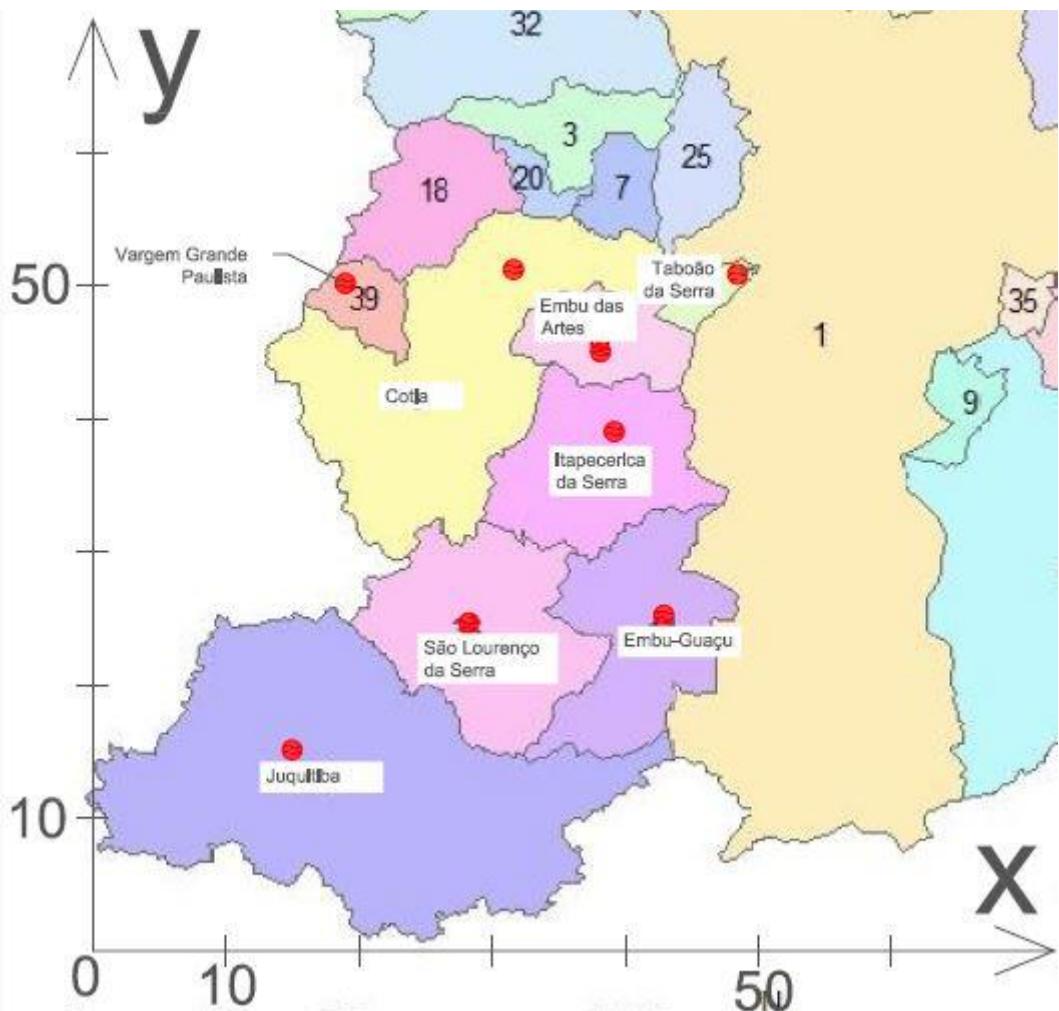
- $x_{CG}$  e  $y_{CG}$ : Coordenadas x e y do centro de gravidade, aonde será a localização da usina levando-se em conta apenas as populações de cada cidade;
- $x_i$  e  $y_i$ : Coordenadas x e y de cada centro urbano do município;
- $g_i$ : geração de resíduos de cada cidade  $i$ , em toneladas por hora.

**Tabela 6-11 Dados populacionais dos municípios do CONISUD**

Cidade	população 2010	população urbana	população urbana na sede municipal	% pop. Urbana	% pop. Urbana na sede municipal	população 2012
<i>Cotia</i>	201150	201150	170513	100%	85%	209027
<i>Embu das Artes (Embu)</i>	240230	240230	240230	100%	100%	245148
<i>Embu Guaçu</i>	62769	61095	41432	97%	66%	63653
<i>Itapecerica da Serra</i>	152614	151349	151349	99%	99%	156077
<i>Juquitiba</i>	28737	22240	17459	77%	61%	29081
<i>São Lourenço da Serra</i>	13973	12719	12719	91%	91%	14241
<i>Taboão da Serra</i>	244528	244528	244528	100%	100%	251608
<i>Vargem Grande Paulista</i>	42997	42997	42997	100%	100%	44555
<b>Total</b>	<b>986998</b>	<b>976308</b>	<b>921227</b>	<b>99%</b>	<b>93%</b>	<b>1013390</b>

Fonte: IBGE – censo 2010

Como observado da Tabela 6-11, pode-se perceber que apenas as cidades de Embu-Guaçu e Juquitiba possuem uma maior parcela da população em áreas rurais. Apesar disso decidimos admitir para essa primeira análise da cidade que receberá a usina que o  $x_i$  e  $y_i$  de cada cidade estarão localizados junto às sedes municipais, hipótese aceitável se observarmos a porcentagem de população urbana total na sede municipal.



**Figura 6-9 Posicionamento  $X_i$  e  $Y_i$  dos centros urbanos (X e Y com escala em quilômetros)**

Para o cálculo da posição da usina utilizamos os seguintes dados para o posicionamento das sedes municipais, mostrados abaixo na Tabela 6-12.

**Tabela 6-12 Coordenadas Xi e Yi das sedes municipais**

Cidade	Posição		Geração em 2015 (t/h)	Geração em 2035 (t/h)
	x (km)	y (km)		
<i>Cotia</i>	31,6	51,23	65	119
<i>Embu das Artes (Embu)</i>	38,14	45,04	33	48
<i>Embu Guaçu</i>	42,89	25,23	25	37
<i>Itapecerica da Serra</i>	39,16	39,04	29	44
<i>Juquitiba</i>	14,96	15,1	7	9
<i>São Lourenço da Serra</i>	28,24	24,65	3	4
<i>Taboão da Serra</i>	48,44	50,88	68	144
<i>Vargem Grande Paulista</i>	18,96	50,18	12	15
	total		<b>243</b>	<b>421</b>

A análise será feita para as gerações em início de plano e em final de plano, de forma que se possam obter duas regiões possíveis para seleção posterior de uma área.

Como resultado, obtiveram-se as seguintes coordenadas  $x_{CG}$  e  $y_{CG}$ , apresentadas na Tabela 6-13.

**Tabela 6-13 Coordenadas da região escolhida**

2015		2035	
X <sub>CG</sub>	Y <sub>CG</sub>	X <sub>CG</sub>	Y <sub>CG</sub>
38,17	44,77	39,05	45,77

Se observarmos os valores obtidos, podemos perceber que o melhor local levando-se em conta apenas as estimativas de início e final de plano seria na região próxima à cidade de Embu das Artes.

Agora realizaremos uma análise matricial de forma a se levar em conta outros fatores além da população, como possíveis problemas ambientais na cidade, impactos sociais da construção da usina, facilidade de transporte e proximidade de rodovias, proximidade da cidade de São Paulo, obtendo-se pesos para cada um dos municípios de forma a se elaborar um estudo de Centro de Gravidade como o exposto acima, com uma maior abrangência de outros fatores que influenciam na escolha do local da usina.

Para esse realizar este cálculo utilizou-se as equações 6.5 e 6.6.

$$x_{CG} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i * (g_i) * P_i}{\sum_{i=1}^n (g_i) * P_i} \text{ e } y_{CG} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i * (g_i) * P_i}{\sum_{i=1}^n (g_i) * P_i} \text{ (Equações 6.5 e 6.6)}$$

Onde:

- $P_i$ : Peso da cidade i.

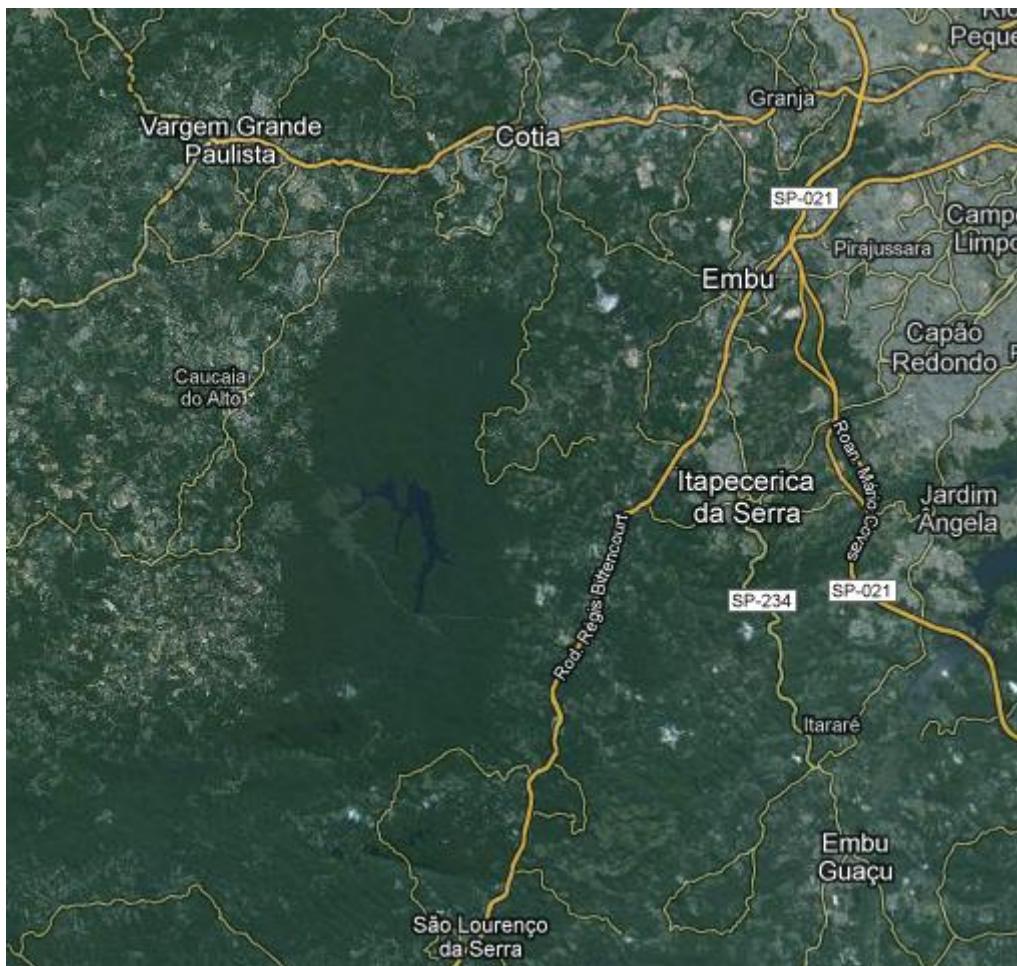
Foi, portanto, escolhida para as notas da matriz de decisão os seguintes valores mostrados na Tabela 6-14.

**Tabela 6-14 Notas da matriz de decisão**

Avaliação	Nota
Ótimo	10
Muito Bom	7,5
Bom	5
Regular	2,5
Péssimo	0

### **6.5.1 PROXIMIDADE ÀS RODOVIAS**

A região do CONISUD possui conexão com diversas rodovias do Estado de São Paulo, como a rodovia Régis Bittencourt (BR-116) que interliga São Paulo à região de divisa entre o Paraná e Santa Catarina; a rodovia Raposo Tavares (SP-270) que se inicia no Butantã em São Paulo e termina na divisa com o estado do Mato Grosso do Sul; e o Rodoanel Mário Covas, ou Rodoanel metropolitano de São Paulo, cujo trecho Oeste interliga ambas as rodovias já citadas a outras rodovias mais ao norte de São Paulo, como as rodovias Bandeirantes, Anhanguera e Castelo, e o trecho Sul interliga ambas às rodovias Imigrantes e Anchieta. No futuro, com a finalização da obra do rodoanel haverá ainda a interligação com as rodovias Dutra, Fernão Dias e Ayrton Senna.



**Figura 6-10 Rodovias existentes nas proximidades da região do CONISUD**

Como se pode observar da imagem acima, Itapecerica da Serra e Embu possuem ótimas ligações com a rodovia Régis Bittencourt e com o Rodoanel Mário Covas. A Cidade de Taboão, apesar de não estar claramente exibida na imagem, possui também alta facilidade de conexão com ambas as rodovias.

Já as cidades de Cotia e Vargem Grande Paulista, dependem exclusivamente da rodovia Raposo Tavares, enquanto que as cidades de Juquitiba (localizada após a cidade de São Lourenço da Serra, indisponível na imagem acima) e São Lourenço da Serra possuem conexão com a rodovia Régis Bittencourt, o que as tornam muito boas do ponto de vista de transportes pois ainda podem conectar-se ao Rodoanel. Entretanto, a cidade de Embu-Guaçu não possui interligação direta com nenhuma das rodovias citadas, necessitando-se utilizar estradas municipais para se interligar ao Rodoanel.

Do exposto acima, obtemos a pontuação no critério transportes apresentada na Tabela 6-15.

**Tabela 6-15 Pontuação em relação à proximidade dos municípios às rodovias**

Cidade	Avaliação	Nota
<i>Cotia</i>	Muito Bom	7,5
<i>Embu das Artes (Embu)</i>	Ótimo	10
<i>Embu Guaçu</i>	Regular	2,5
<i>Itapecerica da Serra</i>	Ótimo	10
<i>Juquitiba</i>	Muito Bom	7,5
<i>São Lourenço da Serra</i>	Muito Bom	7,5
<i>Taboão da Serra</i>	Ótimo	10
<i>Vargem Grande Paulista</i>	Muito Bom	7,5

### 6.5.2 PROXIMIDADE A SÃO PAULO

Se considerarmos a cidade de São Paulo como um potencial consumidor para a produção da usina de RCD do CONISUD, quanto mais próxima estiver a localização dela deste potencial centro consumidor, melhor. Deste modo, cidades mais próximas geograficamente de São Paulo levarão vantagem perante as outras cidades, obtendo-se assim a pontuação para o critério Proximidade a São Paulo apresentada na Tabela 6-16.

**Tabela 6-136 Pontuação em relação à proximidade dos municípios de São Paulo**

Cidade	Distância ao centro de SP (km)	Avaliação	Nota
<i>Cotia</i>	34	Muito Bom	7,5
<i>Embu das Artes (Embu)</i>	23	Muito Bom	7,5
<i>Embu Guaçu</i>	48	Bom	5
<i>Itapecerica da Serra</i>	33	Muito Bom	7,5
<i>Juquitiba</i>	74	Regular	2,5
<i>São Lourenço da Serra</i>	52	Bom	5
<i>Taboão da Serra</i>	18	Ótimo	10
<i>Vargem Grande Paulista</i>	45	Bom	5

Critério: Até 20 km – Ótimo; de 20 a 40 km – Bom; de 40 a 60 km – Regular; de 60 a 80 km – Ruim; mais do que 80 km – Péssimo.

### 6.5.3 IMPACTOS AMBIENTAIS

Segundo (JOHN, 2000; HENDRIKS, 2000), é dito que o RCD representa de 13 a 67% em massa dos resíduos sólidos urbanos (RSU) e esses valores podem ser considerados, tanto no Brasil como no exterior, cerca de 2 a 3 vezes a massa de lixo urbano. PINTO (1999), ELIAS-OZKAN (2001) e EC (2000) afirmam que quando os resíduos de construção são ignorados, é certo que seu depósito será feito em local inapropriado e ilegal. Com isso, essas deposições podem acarretar em:

- a) Entupimento de galerias e bueiros,
- b) Assoreamento de rios e córregos
- c) Degradação de áreas urbanas
- d) Proliferação de vetores de doenças
- e) Aumento nos gastos com limpeza de vias públicas.

A instalação da usina na região do CONISUD tem como objetivo auxiliar na redução destes impactos já citados, além de possibilitar a reutilização de materiais que teriam uma destinação menos nobre e possibilitar um ganho econômico com a produção de peças como guias e blocos de alvenaria. No entanto a instalação da usina também acarreta em impactos ambientais como: Aumento de ruídos na vizinhança, possível liberação de pó pelo processo de britagem, degradação visual da área, entre muitos outros.

Cidades mais próximas à região central de São Paulo como Taboão da Serra possuem altas taxas de concentração populacional em regiões urbanizadas, com poucas áreas verdes que poderiam sofrer maiores impactos ambientais. Já as cidades de Juquitiba, São Lourenço da Serra e Embu Guaçu possuem extensas áreas verdes em seus municípios, o que pode acarretar em

maiores impactos ambientais devido à necessidade de se ter uma grande área para a implantação da usina, necessitando-se assim possivelmente podar árvores e vegetação.

As outras cidades possuem grande porcentagem de população junto à sede municipal, o que permitiria talvez a utilização de áreas mais próximas aos centros urbanos e que não acarretassem em grandes impactos ambientais para as áreas verdes, mas possivelmente maiores impactos sociais.

Além disso, podemos citar que alguns municípios possuem 100% da área em APM (área de proteção de mananciais), sendo eles: Embu-Guaçu, Itapecerica da Serra, Juquitiba e São Lourenço da Serra. Cotia possui 65% em APM e Embu das Artes possui 59%. Os municípios de Vargem Grande Paulista e Taboão da Serra não possuem áreas de preservação de mananciais. Essa condição pode gerar uma limitação quanto à deposição de resíduos de construção civil, mesmo em área de usina.

Em relação aos impactos ambientais, obtive-se a seguinte pontuação de acordo com a Tabela 6-17.

**Tabela 6-147 Pontuação dos municípios em relação aos impactos ambientais**

Cidade	Avaliação	Nota
<i>Cotia</i>	Bom	5
<i>Embu das Artes (Embu)</i>	Bom	5
<i>Embu Guaçu</i>	Péssimo	0
<i>Itapecerica da Serra</i>	Bom	5
<i>Juquitiba</i>	Péssimo	0
<i>São Lourenço da Serra</i>	Péssimo	0
<i>Taboão da Serra</i>	Ótimo	10
<i>Vargem Grande Paulista</i>	Bom	5

#### **8.5.4 IMPACTOS SOCIAIS**

A construção e operação da usina gerarão impactos sociais significativos do ponto de vista de contratação de operários para seu correto funcionamento

e da contratação de operários para sua construção, gerando renda para os trabalhadores e para a cidade em si.

Também podemos citar impactos sociais negativos, uma vez que na possível área da usina e redondezas a população pode se sentir desconfortável com a presença de tal empreendimento, mudando-se para outras áreas do município ou até mesmo para outros municípios vizinhos. Levando-se em conta isso, os dados populacionais das cidades na data de 2012 e a taxa de desemprego da região metropolitana de São Paulo, da ordem de 10% para o município de São Paulo e 12,2% para a região metropolitana de São Paulo em março de 2013<sup>4</sup>, e utilizando-se o valor médio de 11,1% obtive-se a seguinte pontuação apresentada na Tabela 6-18.

**Tabela 6-15 Pontuação dos municípios em relação aos impactos sociais**

Cidade	População 2012	População Desempregada 2012	Avaliação	Nota
<i>Cotia</i>	209027	23202	Ótimo	10
<i>Embu das Artes (Embu)</i>	245148	27211	Ótimo	10
<i>Embu Guaçu</i>	63653	7065	Bom	5
<i>Itapecerica da Serra</i>	156077	17325	Muito Bom	7,5
<i>Juquitiba</i>	29081	3228	Regular	2,5
<i>São Lourenço da Serra</i>	14241	1581	Péssimo	0
<i>Taboão da Serra</i>	251608	27928	Ótimo	10
<i>Vargem Grande Paulista</i>	44555	4946	Regular	2,5

Critério: Acima de 20 mil habitantes – Ótimo; De 10 a 20 mil habitantes – Muito bom; De 5 a 10 mil habitantes – Bom; De 2,5 a 5 mil habitantes – Regular; Abaixo de 2,5 mil habitantes – Péssimo.

<sup>4</sup> Dados obtidos do SEADE-DIEESE em [http://www.seade.gov.br/produtos/ped/pedv98/pdf/rmsp\\_slides.pdf](http://www.seade.gov.br/produtos/ped/pedv98/pdf/rmsp_slides.pdf)

### 6.5.5 DISPONIBILIDADE DE TERRA

Outro fator que influenciará na decisão do município é a disponibilidade de terras, não considerando fatores ambientais que já foram considerados no critério Impactos ambientais. Uma boa medida para se avaliar a disponibilidade de área, além do método visual através de mapas, é a densidade demográfica, expressa em habitantes por quilômetro quadrado. Do exposto, e considerando-se o critério abaixo, obtive-se a Tabela 6-19.

**Tabela 6-16 Pontuação dos municípios em relação à disponibilidade de terra**

Cidade	População 2012	Área total (km <sup>2</sup> )	Densidade demográfica (hab/km <sup>2</sup> )	Avaliação	Nota
<i>Cotia</i>	209027	324,01	645,13	Ótimo	10
<i>Embu das Artes (Embu)</i>	245148	70,389	3482,76	Bom	5
<i>Embu Guaçu</i>	63653	155,63	409,00	Ótimo	10
<i>Itapecerica da Serra</i>	156077	150,869	1034,52	Muito Bom	7,5
<i>Juquitiba</i>	29081	522,18	55,69	Ótimo	10
<i>São Lourenço da Serra</i>	14241	186,329	76,43	Ótimo	10
<i>Taboão da Serra</i>	251608	20,387	12341,59	Péssimo	0
<i>Vargem Grande Paulista</i>	44555	42,483	1048,77	Muito Bom	7,5

Critério: Densidade demográfica até 1000 hab/km<sup>2</sup> – Ótimo; Densidade entre 1000 e 2500 hab/km<sup>2</sup> – Muito Bom; Densidade entre 2500 e 5000 hab/km<sup>2</sup> – Bom; Densidade entre 5000 e 10000 hab/km<sup>2</sup> – Regular; Densidade maior do que 10000 hab/km<sup>2</sup> – Péssimo.

### 6.5.6 RESULTADOS DA MATRIZ DE DECISÃO

Com os resultados obtidos, podemos recalcular o centro de gravidade de produção de RCD da região, agora levando-se em conta os pesos de cada município obtido da análise acima. A matriz de decisão está apresentada na Tabela 6-20.

**Tabela 6-20 Matriz de Decisão**

Critério	Cidade							
	Cotia	Embu das Artes (Embu)	Embu Guaçu	Itapecerica da Serra	Juquitiba	São Lourenço da Serra	Taboão da Serra	Vargem Grande Paulista
Proximidade a Rodovias	7,5	10	2,5	10	7,5	7,5	10	7,5
Proximidade a São Paulo	7,5	7,5	5	7,5	2,5	5	10	5
Impactos Ambientais	5	5	0	5	0	0	10	5
Impactos Sociais	10	10	5	7,5	2,5	0	10	2,5
Disponibilidade de Terra	10	5	10	7,5	10	10	0	7,5
<b>Total</b>	<b>40</b>	<b>37,5</b>	<b>22,5</b>	<b>37,5</b>	<b>22,5</b>	<b>22,5</b>	<b>40</b>	<b>27,5</b>
<b>Pesos (Pi)</b>	<b>0,16</b>	<b>0,15</b>	<b>0,09</b>	<b>0,15</b>	<b>0,09</b>	<b>0,09</b>	<b>0,16</b>	<b>0,11</b>

Para a segunda análise, utilizaram-se os seguintes dados da Tabela 6-21.

**Tabela 6-21 Coordenadas Xi e Yi das sedes municipais com respectivos pesos**

Cidade	Posição		Geração em 2015 (t/h)	Geração em 2035 (t/h)	Peso
	x (km)	y (km)			
Cotia	31,6	51,23	65	119	0,16
Embu das Artes (Embu)	38,14	45,04	33	48	0,15
Embu Guaçu	42,89	25,23	25	37	0,09
Itapecerica da Serra	39,16	39,04	29	44	0,15
Juquitiba	14,96	15,1	7	9	0,09
São Lourenço da Serra	28,24	24,65	3	4	0,09
Taboão da Serra	48,44	50,88	68	144	0,16
Vargem Grande Paulista	18,96	50,18	12	15	0,11
	total		243	421	

Como resultados, obtiveram-se as seguintes coordenadas  $x_{CG}$  e  $y_{CG}$  apresentadas na Tabela 6-22.

**Tabela 6-22 Coordenadas da escolha da área**

2015		2035	
X <sub>CG</sub>	Y <sub>CG</sub>	X <sub>CG</sub>	Y <sub>CG</sub>
38,63	46,20	39,43	47,04

Como se pode perceber, os resultados divergiram pouco quando comparados com as coordenadas do centro de gravidade anteriormente obtidas. Desta maneira determinou-se que o município de Embu das Artes será o município escolhido para a construção da usina de RCD do CONISUD.

Uma última análise deve ser realizada, uma vez que as projeções de geração de resíduos e de área necessária para o consórcio resultaram em valores elevadíssimos para a implantação de apenas uma única usina, sendo passível de uma terceira análise a possibilidade de implantação de várias usinas (sejam elas fixas, móveis ou semimóveis) pela região dos oito municípios.

Uma ideia seria a divisão da região em municípios próximos, além de uma divisão populacional aceitável entre eles, ou a implantação de diversas usinas de menor porte e capacidade produtiva máxima fixa, como por exemplo, 50 t/h ou 100 t/h, o que faria necessário ter de 4 a 8 usinas atuando em final de plano, um número ainda elevado.

Para esta análise, deve-se levar em conta possível cenários de subdivisão das gerações de RCD da região, tentando juntar municípios que estejam em posições geográficas, se possível, próximas, como Vargem Grande Paulista com Cotia ou Taboão da Serra com Embu das Artes.

Um primeiro cenário proposto seria a adoção de duas usinas fixas, uma na região de Cotia que atendesse também Vargem Grande Paulista e outra na região de Embu das Artes e que atendesse Taboão. Também teria uma usina móvel que atendesse toda a região Sul do consórcio, de maneira que seu posicionamento poderia variar dentre 2 áreas escolhidas nos municípios de Itapecerica da Serra e Embu Guaçu. A operação seria da seguinte forma: Enquanto a usina está trabalhando numa das áreas, o acúmulo de RCD da região se dá na outra área, e assim que for realizada a reciclagem num determinado período de tempo, a usina move-se à outra área para iniciar a reciclagem e a área na qual a usina móvel estava anteriormente começará a

receber RCD, e assim sucessivamente. As estimativas para este primeiro cenário podem ser observadas na Tabela 6-23.

**Tabela 6-23 Estimativas de Geração de resíduos reciclados (Cenário 1)**

Ano	Cotia e Vargem Grande Paulista (t/h)	Embu das Artes e Taboão da Serra (t/h)	Itapecerica da Serra, Embu Guaçu, Juquitiba e São Lourenço da Serra (t/h)	Total (t/h)
<b>2015</b>	77	101	64	<b>243</b>
<b>2016</b>	80	105	65	<b>250</b>
<b>2017</b>	83	108	67	<b>258</b>
<b>2018</b>	85	112	68	<b>266</b>
<b>2019</b>	88	116	70	<b>274</b>
<b>2020</b>	91	119	71	<b>282</b>
<b>2021</b>	94	123	73	<b>290</b>
<b>2022</b>	96	127	74	<b>298</b>
<b>2023</b>	99	131	76	<b>307</b>
<b>2024</b>	102	136	77	<b>315</b>
<b>2025</b>	105	140	79	<b>324</b>
<b>2026</b>	108	145	80	<b>333</b>
<b>2027</b>	111	149	82	<b>342</b>
<b>2028</b>	114	154	83	<b>351</b>
<b>2029</b>	117	159	85	<b>361</b>
<b>2030</b>	120	164	86	<b>370</b>
<b>2031</b>	123	169	88	<b>380</b>
<b>2032</b>	126	175	89	<b>390</b>
<b>2033</b>	129	180	91	<b>400</b>
<b>2034</b>	132	186	92	<b>410</b>
<b>2035</b>	135	192	94	<b>421</b>

Como se pode observar, a geração para os municípios de Embu e Taboão resultou num valor que pode ser considerado alto, de forma que a área necessária para a implantação da usina acaba sendo de uma ordem de grandeza muito maior do que a disponibilidade da região. Já as outras duas gerações deram numa ordem de grandeza aceitável, sendo que para Cotia possivelmente poder-se-ia utilizar um plano em 2 etapas, até 2023 com geração de 100 ton/hora e ampliando-se para final de plano posteriormente, enquanto que a usina móvel provavelmente deveria ser adquirida em início de plano já com sua capacidade final, e para Embu e Taboão possivelmente adquirir-se-ia dois maquinários da ordem de 80 toneladas por hora, que funcionariam aceitavelmente até o ano de 2029, sendo posteriormente

adquirido um maquinário de menor porte para atingir-se a capacidade de final de plano.

Deve-se ainda atentar para o fato de que por necessitar-se de uma área muito grande na região de Embu e Taboão, talvez não seja possível a construção e operação de uma fábrica de artefatos, sendo que a única usina que poderia contê-la seria Cotia.

Um segundo cenário que poderia ser adotado seria a instalação de 3 usinas fixas pela região do CONISUD, sendo uma na região de Cotia e que atenda Vargem Grande Paulista, uma que atenda exclusivamente Taboão da Serra, e outra que atenda os demais municípios. Um fator que dificultaria a obtenção de áreas para implantação da usina de Taboão é o fato de que o município está altamente densificado, com baixa disponibilidade de áreas livres de construções, o que poderia encarecer demais caso seja necessário realizar a desapropriação e demolição de alguma construção, sendo que possivelmente essa usina estaria localizada no município mais próximo, no caso Embu das Artes.

**Tabela 6-174 Estimativas de Geração de resíduos reciclados (Cenário 2)**

Ano	Cotia e Vargem Grande Paulista (t/h)	E.A+I.S.+E.G. +Juc+S.L.S. (t/h)	Taboão da Serra (t/h)	Total (t/h)
<b>2015</b>	77	97	68	<b>243</b>
<b>2016</b>	80	99	71	<b>250</b>
<b>2017</b>	83	102	73	<b>258</b>
<b>2018</b>	85	104	76	<b>266</b>
<b>2019</b>	88	106	79	<b>274</b>
<b>2020</b>	91	109	82	<b>282</b>
<b>2021</b>	94	111	85	<b>290</b>
<b>2022</b>	96	113	89	<b>298</b>
<b>2023</b>	99	115	92	<b>307</b>
<b>2024</b>	102	118	96	<b>315</b>
<b>2025</b>	105	120	99	<b>324</b>
<b>2026</b>	108	122	103	<b>333</b>
<b>2027</b>	111	124	107	<b>342</b>
<b>2028</b>	114	127	111	<b>351</b>
<b>2029</b>	117	129	115	<b>361</b>
<b>2030</b>	120	131	120	<b>370</b>
<b>2031</b>	123	133	124	<b>380</b>
<b>2032</b>	126	136	129	<b>390</b>
<b>2033</b>	129	138	134	<b>400</b>
<b>2034</b>	132	140	139	<b>410</b>
<b>2035</b>	135	142	144	<b>421</b>

Deve-se atentar ao fato de que as 3 usinas possuiriam praticamente a mesma ordem de grandeza quanto à geração em toneladas por hora, dando talvez maior equilíbrio de produção e possibilitando-se a adoção de áreas menores se compararmos com a área para o cenário 1 de Embu e Taboão.

Um terceiro cenário possível basicamente seria dividir a região Sul do cenário 1 em duas usinas móveis devido à sua menor produção se comparada com os outros municípios do norte do consórcio, como pode ser visto na Tabela 6-25 abaixo:

**Tabela 6-18 Estimativas de Geração de resíduos reciclados (Cenário 3)**

Ano	Cotia e Vargem Grande Paulista (t/h)	Embu das Artes e Taboão da Serra (t/h)	Itapecerica da Serra (t/h)	Embu Guaçu, Juquitiba e São Lourenço da Serra (t/h)	Total (t/h)
2015	77	101	29	35	<b>243</b>
2016	80	105	30	35	<b>250</b>
2017	83	108	31	36	<b>258</b>
2018	85	112	31	37	<b>266</b>
2019	88	116	32	38	<b>274</b>
2020	91	119	33	39	<b>282</b>
2021	94	123	33	40	<b>290</b>
2022	96	127	34	40	<b>298</b>
2023	99	131	35	41	<b>307</b>
2024	102	136	36	42	<b>315</b>
2025	105	140	36	43	<b>324</b>
2026	108	145	37	43	<b>333</b>
2027	111	149	38	44	<b>342</b>
2028	114	154	38	45	<b>351</b>
2029	117	159	39	46	<b>361</b>
2030	120	164	40	47	<b>370</b>
2031	123	169	41	47	<b>380</b>
2032	126	175	41	48	<b>390</b>
2033	129	180	42	49	<b>400</b>
2034	132	186	43	50	<b>410</b>
2035	135	192	44	50	<b>421</b>

A ideia continua igual à do cenário 1, com a adoção de 2 usinas nas mesmas localizações, mas agora não haveria a necessidade de revezamento de áreas pelos municípios do Sul conforme explicado anteriormente, com a provável adoção de 2 maquinários móveis da ordem de 50 toneladas por hora.

Um último cenário (Cenário 4) seria o seguinte: Seriam utilizados 2 usinas fixas, uma localizada no município de Cotia, atendendo também Vargem Grande Paulista, uma usina fixa em Taboão da Serra ou em Embu das Artes (uma vez que a disponibilidade de áreas em Taboão é escassa) para atender o município de Taboão, e outras 3 áreas, uma em Embu das Artes, uma em Itapecerica da Serra e uma em Embu Guaçu, esta última atendendo também os municípios de Juquitiba e São Lourenço da Serra, com a aquisição de 2 maquinários, sendo que estes pudessem realizar um revezamento entre as 3 áreas de modo a se maximizar a produção de RCD nos municípios que mais

gerarem resíduos no período, e assim que for consumido o RCD o maquinário seria direcionado para a próxima área. Esta tarefa deve ser pensada de maneira logística, de forma a se maximizar a produção e minimizar os gastos do equipamento parado e de movimentação do mesmo. Na Tabela 6-26 estão apresentadas as estimativas de geração de resíduos reciclados.

**Tabela 6-19 Estimativas de Geração de resíduos reciclados (Cenário 4)**

Ano	Cotia e Vargem Grande Paulista (t/h)	Embu das Artes (t/h)	Taboão da Serra (t/h)	Itapecerica da Serra (t/h)	Embu Guaçu, Juquitiba e São Lourenço da Serra (t/h)	Total (t/h)
2015	77	33	68	29	35	<b>243</b>
2016	80	34	71	30	35	<b>250</b>
2017	83	35	73	31	36	<b>258</b>
2018	85	36	76	31	37	<b>266</b>
2019	88	36	79	32	38	<b>274</b>
2020	91	37	82	33	39	<b>282</b>
2021	94	38	85	33	40	<b>290</b>
2022	96	39	89	34	40	<b>298</b>
2023	99	39	92	35	41	<b>307</b>
2024	102	40	96	36	42	<b>315</b>
2025	105	41	99	36	43	<b>324</b>
2026	108	42	103	37	43	<b>333</b>
2027	111	42	107	38	44	<b>342</b>
2028	114	43	111	38	45	<b>351</b>
2029	117	44	115	39	46	<b>361</b>
2030	120	45	120	40	47	<b>370</b>
2031	123	45	124	41	47	<b>380</b>
2032	126	46	129	41	48	<b>390</b>
2033	129	47	134	42	49	<b>400</b>
2034	132	48	139	43	50	<b>410</b>
2035	135	48	144	44	50	<b>421</b>

Para a continuidade do trabalho escolheu-se o cenário 4 uma vez que o porte da usina de Taboão foi estimado com essa geração para final de plano, sendo que, com a previsão de expansão após aproximadamente 10 anos de operação, um plano de coleta de dados mais fiéis sobre a região já deverá ter sido realizado ao mesmo tempo em que a usina opera. Esta coleta se dará da seguinte forma. Durante os 5 primeiros anos será realizada uma coleta de dados baseados na quantidade recebida nas usinas em operação, na quantidade recolhida pela prefeitura em limpeza urbana e de aterros clandestinos, além de tentar se mapear polos geradores de RCD. Desta maneira o consórcio poderá verificar como estão os valores de RCD coletados

e permitirá uma projeção muito mais representativa do que acontece na região do que estimativas baseadas exclusivamente em dados de IDH, possibilitando-se um melhor estudo quanto à necessidade de expansão de todas as usinas, no caso a primeira a necessitar expansão seria Cotia, no final do ano de 2023.

É claro que a coleta de dados não deverá de maneira alguma ser interrompida, devendo-se dar continuidade para ela de forma que os horizontes de projeto e expansões previstas possam ser avaliados corretamente, para qualquer uma das cidades, inclusive modificando-se o plano de atuação, como por exemplo, levando-se uma das usinas móveis para atuar junto às fixas caso necessário, ou caso a geração estimada para os municípios do Sul tenha ficado muito acima da realidade dos próximos 20 anos.

## **6.6 ESCOLHA DAS ÁREAS DAS USINAS DE RCD**

### **6.6.1 USINA FIXA NO MUNICÍPIO DE EMBU DAS ARTES**

Para a escolha da possível área para implantação e operação da usina de RCD na região do município de Embu das Artes realizaremos um estudo semelhante ao anteriormente elaborado para a obtenção dos pesos  $P_i$  das cidades, só que desta vez levando-se em conta os critérios para áreas diferentes de um mesmo município, nomeando-se pesos para cada um dos critérios e notas para cada terreno. Para a matriz de decisão serão levados em conta os seguintes critérios de ponderação: Localização e acessibilidade, adequação da área do terreno, preço do terreno, impactos ambientais, infraestrutura das proximidades, possibilidade de expansão e vizinhança do terreno. O peso e notas dos critérios selecionados estão apresentados na Tabela 6-27 e na Tabela 6-28.

Tabela 6-27 Peso dos critérios

Critério	Peso
<b>Mais Importante</b>	5
	4
	3
	2
<b>Menos Importante</b>	1

Tabela 6-28 Notas dos critérios

Critério	Nota
<b>Ótimo</b>	5
<b>Muito Bom</b>	4
<b>Bom</b>	3
<b>Regular</b>	2
<b>Ruim</b>	1
<b>Péssimo</b>	0

As áreas escolhidas para análise podem ser observadas na Figura 6-11 a seguir, sendo que para seu posicionamento foi levando-se em conta o zoneamento da cidade de Embu das Artes, conforme exposto na Figura 6-12.

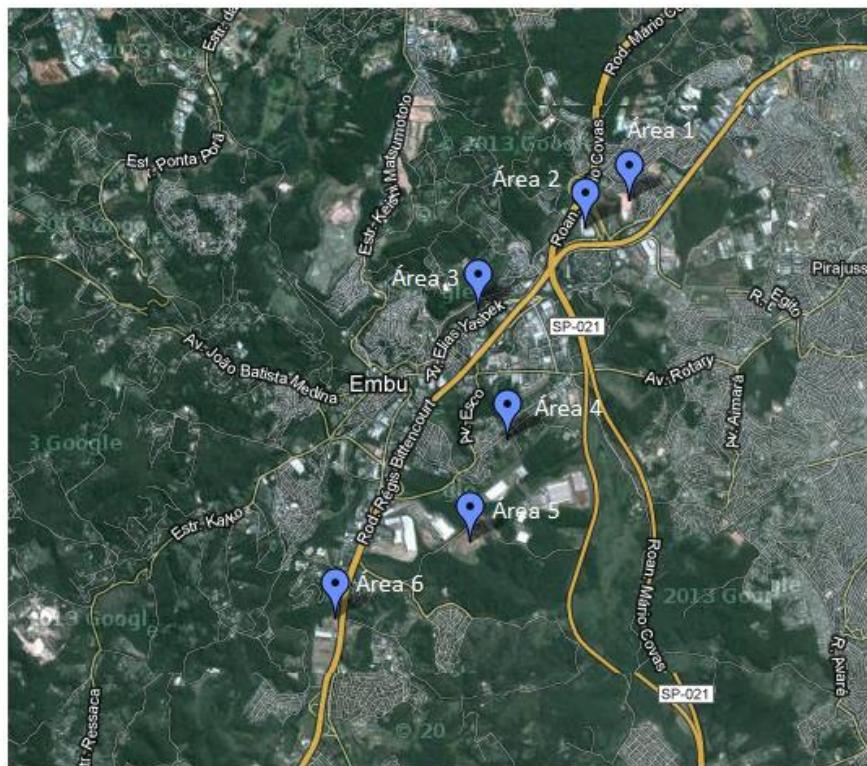
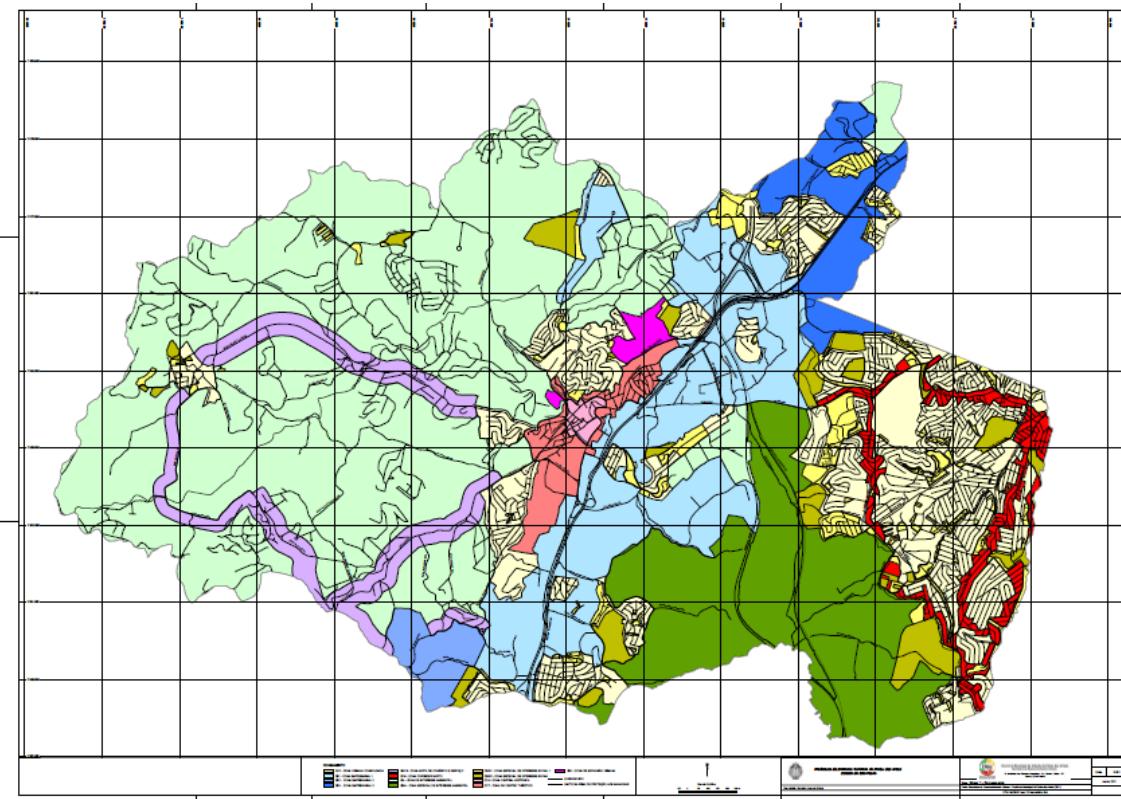


Figura 6-11 Áreas escolhidas para análise em Embu das Artes; Fonte: Google Maps

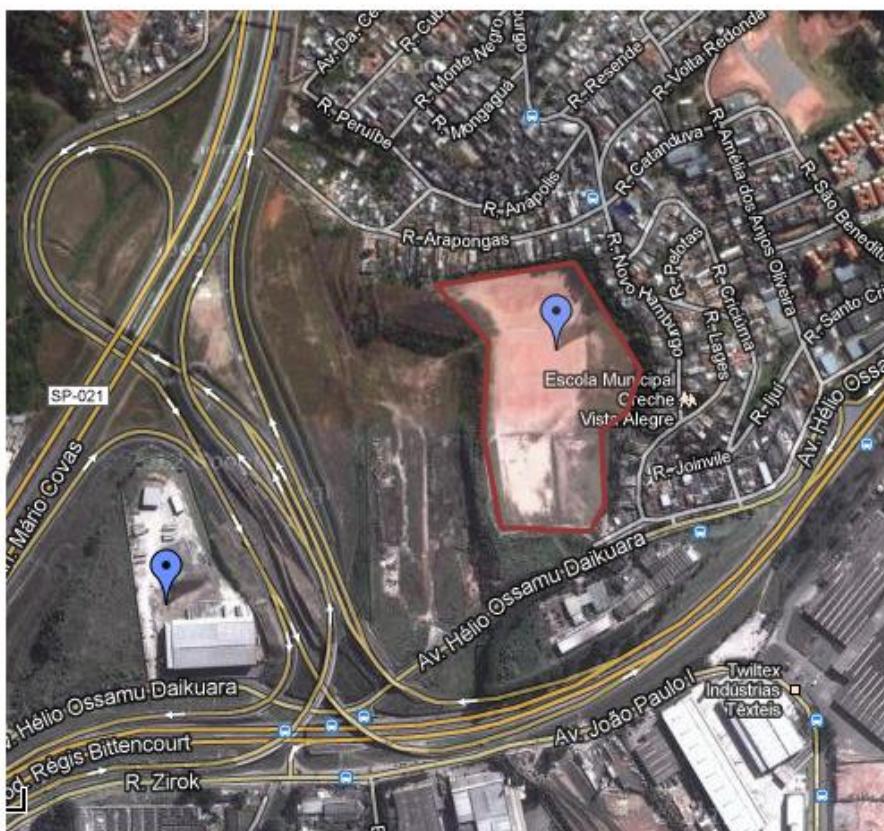


**Figura 6-12 Zoneamento urbano da cidade de Embu das Artes; Fonte: Site da Prefeitura de Embu das Artes “<http://www.embudasartes.sp.gov.br/>”.**

Basicamente, as áreas que estão em cor verde, no sudeste do município, e as áreas em azul claro, na região oeste do município, são zonas de interesse ambiental, e, portanto, serão evitadas.

### Área 1:

O terreno escolhido localiza-se muito próximo a uma região residencial, também estando próximo da rodovia Régis Bittencourt e do Rodoanel Mário Covas. Sua área é de aproximadamente 45.880 m<sup>2</sup>, o que a torna ideal do ponto de vista tanto de implantação inicial quanto de expansão para a segunda etapa, além de não possuir áreas verdes próximas, diminuindo-se os impactos ambientais possíveis. A área está apresentada na Figura 6-13.

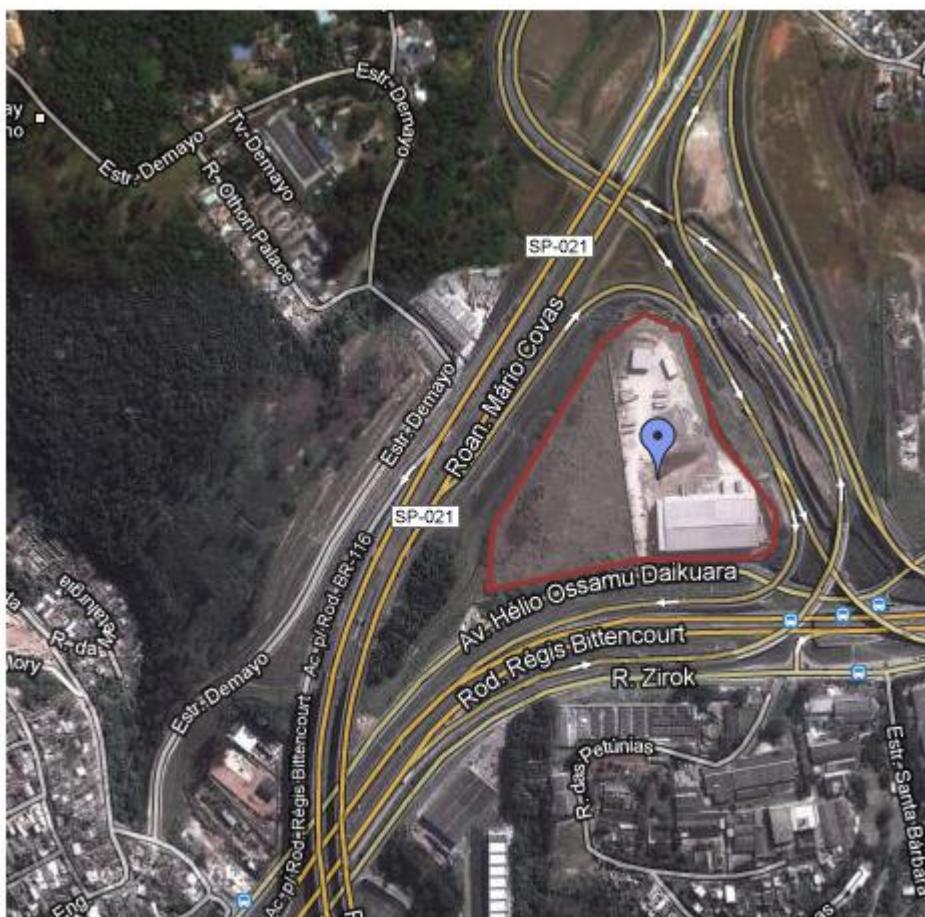


**Figura 6-13 Área 1 em Embu das Artes para análise; Fonte: Google Maps**

Uma ressalva que deve ser feita é com relação aos impactos sociais, uma vez que provavelmente serão altos, pois a área é atualmente utilizada para atividades de recreação, mais especificamente composta por 3 campos de futebol. Pode-se considerar também a facilidade de se encontrar mão-de-obra para trabalhar na usina, uma vez que a população está bem próxima, além de ser uma área que possivelmente é de fácil obtenção por parte da prefeitura de Embu das Artes.

## Área 2:

A área 2 está localizada próxima ao encontro da rodovia Régis Bittencourt com o Rodoanel Mário Covas, com um terreno de área total aproximada de 37.000 m<sup>2</sup>, mas o terreno já possui um empreendimento sendo construído, com um galpão e um edifício, o que poderia dificultar sua desapropriação, tornando-a muito cara. Se focarmos apenas na área que não está construída, logo à esquerda do empreendimento, como pode ser visto na imagem acima, teríamos uma área de aproximadamente 15.065 m<sup>2</sup>, o que seria um terreno relativamente aceitável para a implantação da usina, mas ficaria sem ter uma área para a futura expansão na etapa 2, como foi previamente estudado. A área 2 está apresentada na Figura 6-14.

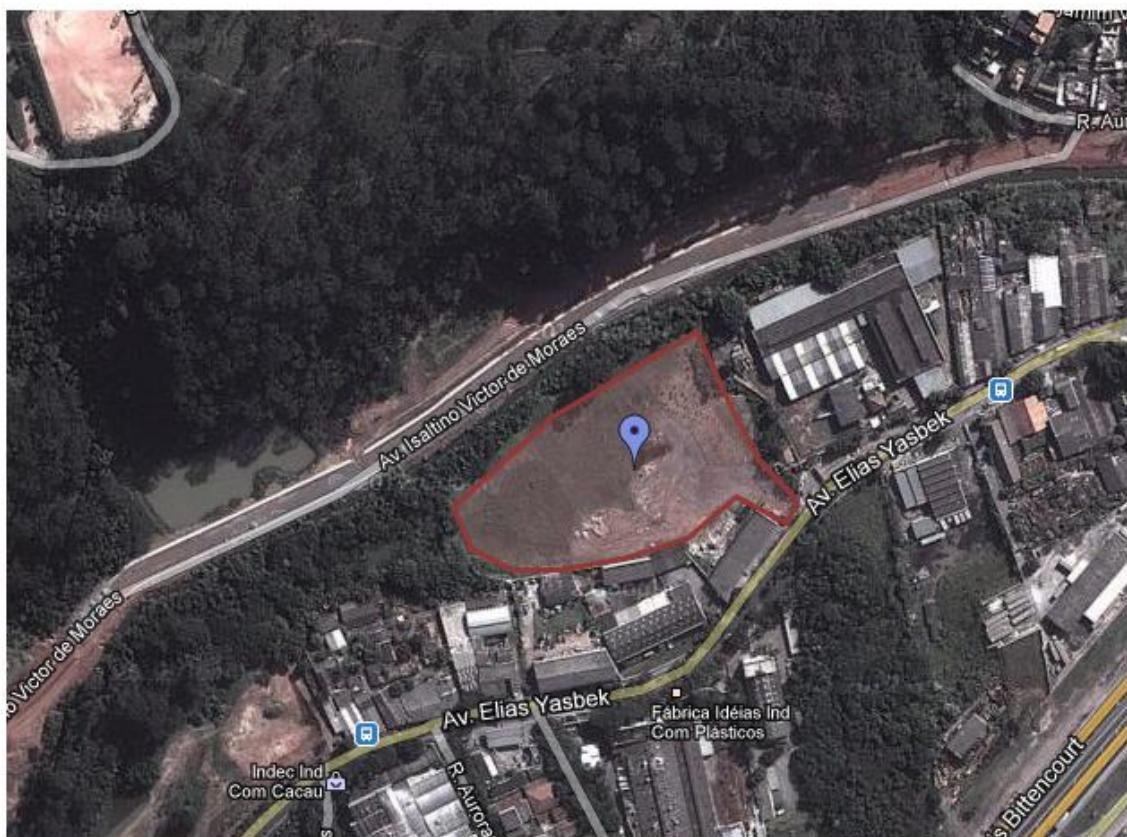


**Figura 6-14 Área 2 em Embu das Artes para análise; Fonte: Google Maps**

O terreno do galpão já está devidamente nivelado, não necessitando de trabalhos de movimentação de terra, o que necessariamente deverá ocorrer no terreno ao lado, aonde ainda não houve um devido trabalho de terraplenagem.

### Área 3:

A área 3 possui aproximadamente 20.000 m<sup>2</sup> numa região composta por vários armazéns, sem a presença de residências nas proximidades, o que diminuiria os impactos sociais da obra. Esta área está localizada na Avenida Elias Yazbek, próxima a uma entrada da rodovia Régis Bittencourt, e possui em sua proximidade áreas com mato, o que pode impactar no licenciamento ambiental caso seja necessário podar ou mover árvores. A área 3 está apresentada na Figura 6-15.



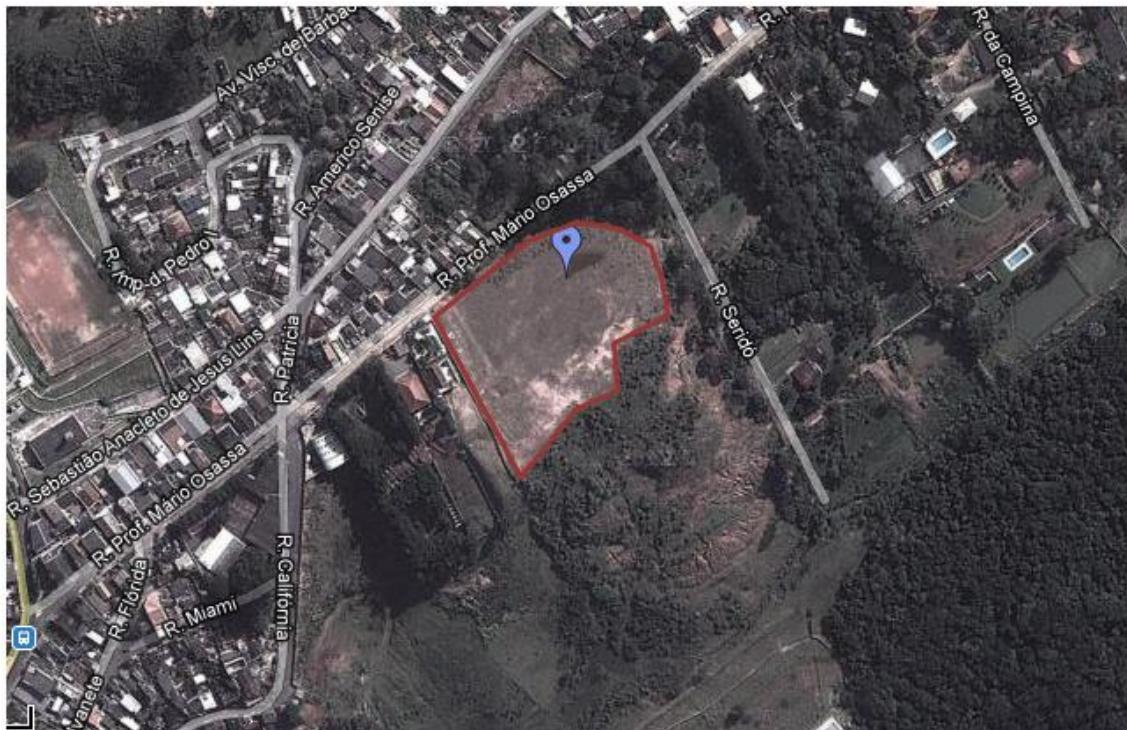
**Figura 6-15 Área 3 em Embu das Artes para análise; Fonte: Google Maps**

O terreno já está nivelado, sem que haja a necessidade de se realizar terraplenagem, além de não estar sendo utilizado atualmente, o que facilitaria

sua compra por parte do consórcio. Infelizmente a metragem estimada da área pode acabar possuindo um valor menor após a realização de estudo topográfico, o que influenciaria diretamente no tipo de recebimento e triagem do material, cuja área para utilização de usinas com transbordo e triagem é de no mínimo 20.000 m<sup>2</sup>.

#### Área 4:

A área 4 possui metragem aproximada de 11.875 m<sup>2</sup>, o que pode-se perceber que é muito baixa para uma possível implantação de usina e fábrica de pré-moldados, sem se considerar ainda uma área para estocagem de material a ser processado. Ainda podemos citar sua relativa distância à rodovia, e a presença de árvores nas redondezas, além de residências e comércio próximo ao terreno estudado, o que implicaria em grandes impactos tanto sociais como ambientais. A área 4 está apresentada na Figura 6-16.



**Figura 6-16 Área 4 em Embu das Artes para análise; Fonte: Google Maps**

Existiria porém uma grande possibilidade de expansão para a usina uma vez que há uma área disponível, apesar da grande quantidade de árvores e arbustos.

#### Área 5:

A área mostrada acima é composta basicamente pelo aterro sanitário de Embu das Artes, com área aproximada de 85.317 m<sup>2</sup>. A vizinhança não possui nenhum tipo de residência ou comércio, mas a sua localização está relativamente afastada da rodovia Régis Bittencourt, sendo necessária a utilização de vias de ligação para se chegar a ela. A área 5 está apresentada na Figura 6-17.



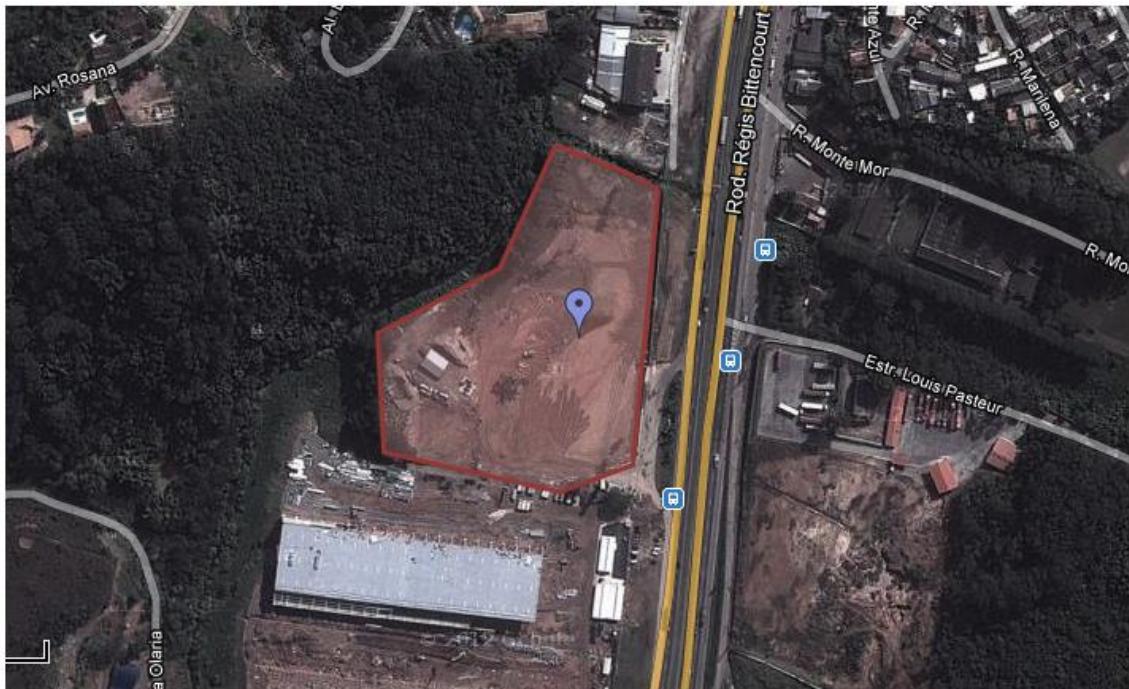
**Figura 6-17 Área 5 em Embu das Artes para análise; Fonte: Google Maps**

Duas vantagens que poderíamos citar seriam uma relativa facilidade de obtenção do terreno, e a possibilidade de se readequar uma área que teoricamente seria perdida após o fechamento do aterro para a sua utilização para outros fins. Infelizmente a presença de taludes do aterro pode dificultar a implantação e locomoção interna do maquinário da usina, além de se ter uma

alta dificuldade para ampliação da área da usina, sendo também que a área real a ser utilizada será a do topo do aterro, muito menor do que os 85.317 m<sup>2</sup> anteriormente citados.

#### Área 6:

A primeira área escolhida localiza-se ao sul do município de Embu das Artes, com aproximadamente 19.872,5 m<sup>2</sup>, o que talvez impossibilite a utilização da área como área de triagem de RCD. A área está localizada muito próxima à rodovia Régis Bittencourt, e possui terreno com área praticamente totalmente nivelada, sendo que provavelmente a área já está sendo preparada para outra atividade, o que acarretaria num valor grande para desapropriação e demora para sua liberação. A área 6 está apresentada na Figura 6-18.



**Figura 6-18 Área 6 em Embu das Artes para análise; Fonte: Google Maps**

O terreno está localizado numa área com poucas residências e comércio, o que influenciaria beneficamente para sua implantação, diminuindo-se os impactos sociais. Além disso, a ausência de muita área verde diminuiria os impactos ambientais da instalação da usina.

### Resultados da Matriz de Decisão

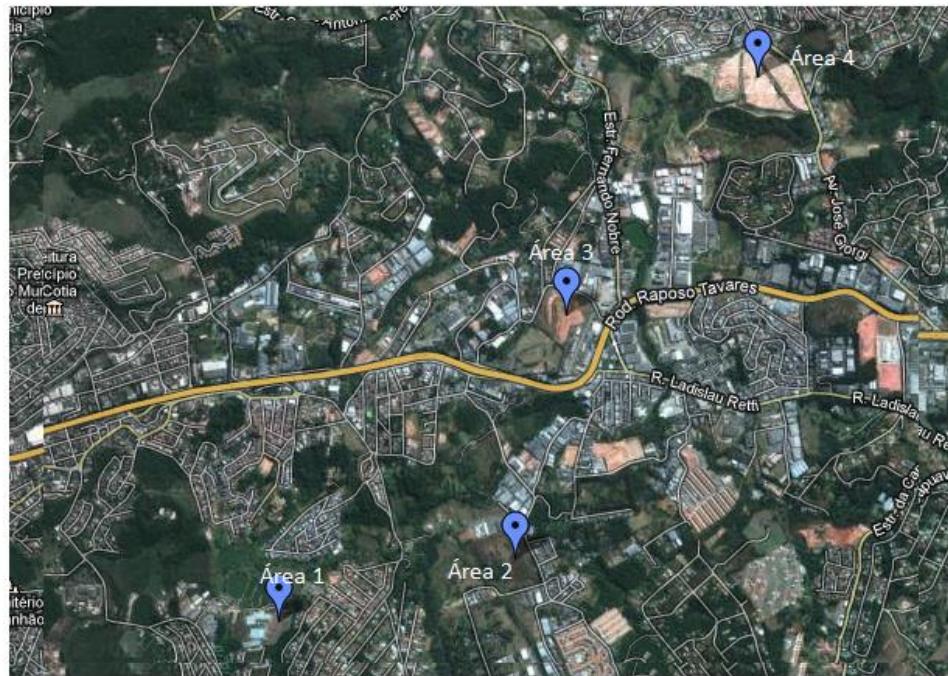
Como se pode observar dos resultados obtidos na Tabela 6-26, a área 1 obteve a maior pontuação na matriz de decisão, sendo a área escolhida para a implantação de umas das duas usinas fixas, destinada a Taboão da Serra. A área 3 foi escolhida também devido à segunda posição na matriz, sendo que poderia ser destinada à usina móvel do RCD gerado na cidade de Embu das Artes. A matriz de decisão está apresentada na Tabela 6-29.

**Tabela 6-209 Matriz de Decisão para a cidade de Embu das Artes**

Critério	Peso	Área 1	Área 2 (todo terreno)	Área 2 (Sem desapropriação)	Área 3	Área 4	Área 5	Área 6
		45.880 m <sup>2</sup>	37.000 m <sup>2</sup>	15.065 m <sup>2</sup>	20.000 m <sup>2</sup>	11.875 m <sup>2</sup>	85.317 m <sup>2</sup>	19.872,5 m <sup>2</sup>
Localização e Acessibilidade	5	5	5	5	5	3	3	4
Adequabilidade do terreno	5	5	4	2	5	5	3	5
Preço	4	4	1	4	5	4	5	1
Impactos Ambientais	5	3	3	2	2	1	4	4
Infra-estrutura próxima	2	5	4	4	4	4	3	4
Possibilidade de Expansão	4	4	3	0	0	0	2	0
Vizinhança do terreno	4	1	5	5	5	2	5	5
<b>Total</b>	<b>29</b>	<b>111</b>	<b>104</b>	<b>89</b>	<b>108</b>	<b>77</b>	<b>104</b>	<b>97</b>
<b>Nota Final</b>	<b>3,83</b>	<b>3,59</b>	<b>3,07</b>	<b>3,72</b>	<b>2,66</b>	<b>3,59</b>	<b>3,34</b>	

### **6.6.2 USINA FIXA NA REGIÃO DE COTIA**

As áreas escolhidas para o segundo processo de decisão utilizando-se uma nova matriz de decisão foram as seguintes, conforme mostradas na imagem abaixo, dando-se prioridade para terrenos mais próximos da rodovia Raposo Tavares e que estivessem mais distantes da área escolhida para a usina 1. As áreas escolhidas estão apresentadas na Figura 6-19.



**Figura 6-19 Áreas escolhidas em Cotia para análise; Fonte: Google Maps**

#### Área 1:

A primeira área escolhida faz parte de um complexo, sendo atualmente utilizada para agricultura. Possui aproximadamente 15.398 m<sup>2</sup>, sendo necessária sua desapropriação, e não possui boa capacidade de expansão futura. A área 1 esta apresentada na Figura 6-20.



**Figura 6-20 Área 1 em Cotia para análise; Fonte: Google Maps**

O terreno está localizado relativamente próximo a uma região residencial, além de possuir área verde próxima e alguns pequenos lagos mais ao norte. Sua distância à rodovia Raposo Tavares pode ser considerada como um fator prejudicial, uma vez que o percurso dos caminhões seria aumentado e necessariamente passaria por áreas com maior população, podendo causar grandes impactos sociais.

#### Área 2:

O terreno 2 possui área aproximada de 80.580 m<sup>2</sup>, o que possibilitaria uma excelente expansão da área da usina, bem como permitiria a correta estocagem do material tanto recebido como produzido. O terreno está relativamente nivelado, o que diminuiria a necessidade de trabalho de movimentação de terra, além de estar localizado numa região com poucas residências e comércio, e quase sem a presença de vegetação nas

proximidades, com poucas árvores e arbustos internos ao terreno. A área 2 está apresentada na Figura 6-21.



**Figura 6-21 Área 2 em Cotia para análise; Fonte: Google Maps**

Sua localização, apesar de não tão próxima à rodovia, permitiria um bom escoamento e recebimento de material uma vez que existem vias que permitiriam uma interligação rápida à rodovia. Já na parte do preço, por se tratar de uma propriedade de grande metragem, pode ser um fator que deva ser considerado e que influencia fortemente na viabilidade do projeto.

### Área 3:

Esta área está localizada próxima a uma região com várias fábricas, sem muitas residências e comércio, com metragem da ordem de 48.840 m<sup>2</sup>, o que permitiria uma boa utilização quanto à expansão no futuro, mas seu terreno não possui um nivelamento adequado para a implantação da usina, sendo necessário um extenso trabalho de terraplenagem para a adequação do mesmo. A área 3 está apresentada na Figura 6-22.



Figura 6-22 Área 3 em Cotia para análise; Fonte: Google Maps

A proximidade da região com a rodovia Raposo Tavares facilitaria muito o deslocamento de caminhões, e a presença de outros galpões na região facilitaria a implantação da fábrica de artefatos sem impactar tanto quanto à visualização, além de se ter um reduzido impacto ambiental pela ausência de regiões densamente verdes próximas ao terreno escolhido.

## Área 4:

O último terreno possui aproximadamente 150.000 m<sup>2</sup>, valor até muito acima do necessário, sendo possível a utilização de apenas metade da área, ou até mesmo de um dos patamares que podem ser vistos na imagem acima (pois o terreno, apesar de devidamente nivelado, possui 3 patamares em diferentes níveis). Apesar de se localizar numa região com alta concentração de árvores e arbustos em seu entorno, o terreno não possui nenhum tipo de vegetação. A área 4 está apresentada na Figura 6-23.



**Figura 6-23 Área 4 em Cotia para análise; Fonte: Google Maps**

Além disso, a região do terreno está localizada relativamente próxima à rodovia Raposo Tavares, mas também está localizado próximo a uma região residencial, o que pode ser prejudicial do ponto de vista dos impactos sociais.

### Resultados da Matriz de Decisão:

Dos resultados obtidos apresentados na Tabela 6-28, a usina fixa será construída no terreno da área 4, e como dito anteriormente, poderá ser utilizado apenas uma parcela do terreno, sem a necessidade de se utilizar os 150.000 m<sup>2</sup>. A matriz de decisão está apresentada na Tabela 6-30.

**Tabela 6-30 Matriz de Decisão para a usina fixa em Cotia**

Critério	Peso	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4
		15.398 m <sup>2</sup>	80.580 m <sup>2</sup>	48.840 m <sup>2</sup>	150.000 m <sup>2</sup>
<b>Localização e Acessibilidade</b>	5	1	3	5	3
<b>Adequabilidade do terreno</b>	5	4	4	2	4
<b>Preço</b>	4	2	2	3	3
<b>Impactos Ambientais</b>	5	2	3	4	4
<b>Infra-estrutura próxima</b>	2	2	3	4	3
<b>Possibilidade de Expansão</b>	4	0	5	4	5
<b>Vizinhança do terreno</b>	4	3	4	3	3
<b>Total</b>	<b>29</b>	<b>59</b>	<b>100</b>	<b>103</b>	<b>105</b>
<b>Nota Final</b>		<b>2,03</b>	<b>3,45</b>	<b>3,55</b>	<b>3,62</b>

### **6.6.3 USINAS MÓVEIS NOS MUNICÍPIOS DE EMBU GUAÇU E ITAPECERICA DA SERRA**

A seleção de áreas para estas duas usinas não será definida neste tópico, deixando em aberto para uma possível seleção de áreas em cada um dos municípios que respeitem o layout que será proposto para a usina móvel de Embu das Artes, uma vez que para a continuação do trabalho dar-se-á foco às usinas fixas propostas para a região, principalmente a usina que receberá os resíduos de Taboão da Serra.

## 7. PROJETO DA USINA DE RECICLAGEM DE RCD

### 7.1 PROJETOS ENVOLVIDOS

Para a realização do projeto da usina de reciclagem de RCD foram traçados algumas premissas básicas e uma metodologia a ser seguida durante a realização do trabalho. Primeiramente será feito o levantamento de todos os aspectos relevantes que devem ser levados em conta com relação à licenciamento e legalização do projeto. Com esse levantamento, serão estipuladas todas as instalações e equipamentos necessários para a construção da Usina.

Com relação aos projetos, foi estipulado como primeiro passo a definição da configuração do layout da usina. Sabe-se que a usina contará com guarita, prédio administrativo, instalações de infraestrutura e fundação para os equipamentos. Com essa informação e com o layout da usina pronto, será feita a separação dos projetos entre: levantamento topográfico, estudo geotécnico do terreno, projeto de movimentação de terra, projeto de terraplenagem, projeto de drenagem, projeto de pavimentação, projeto de alvenaria estrutural, sistemas prediais, projeto de fundação e projeto de cerca viva. A sequência dos projetos que será executada está apresentada na Figura 7-1.

Após a realização dos projetos, será feito o levantamento de preços de todos os custos de construção, utilização e manutenção da usina para então ser realizado um estudo de viabilidade econômica.

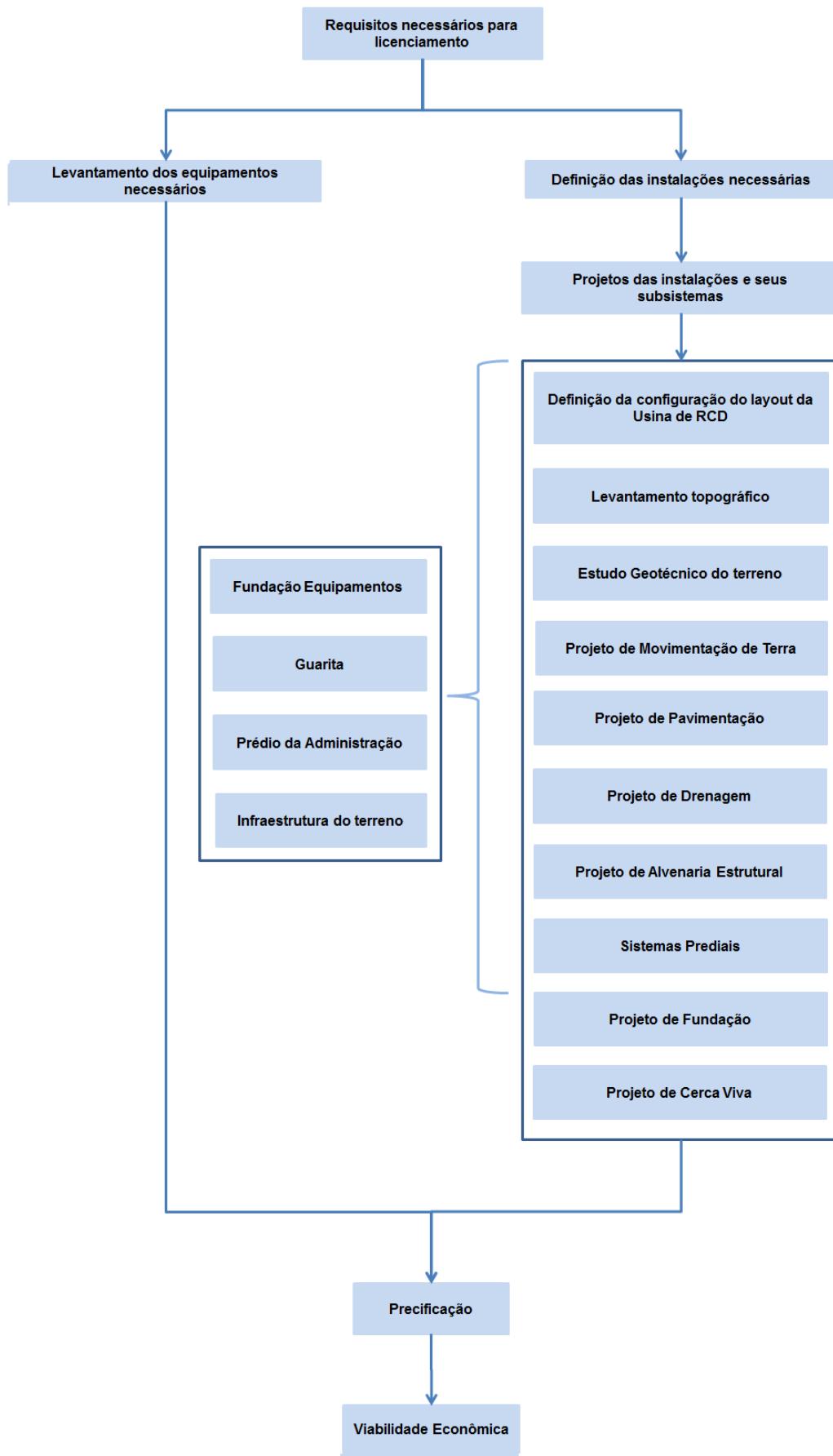


Figura 7-24 - Metodologia do projeto da usina de reciclagem de RCD

## 7.2 LICENCIAMENTO AMBIENTAL

Para a obtenção do licenciamento ambiental da usina de reciclagem de resíduos da construção civil, deve-se buscar pela CETESB<sup>5</sup> (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). Segundo a resolução CONAMA 237/97, esse é o procedimento administrativo pelo qual o deve-se regularizar empreendimentos que geram impacto ambiental. O órgão ambiental competente (CETESB) licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras. Também licencia empreendimentos daqueles que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso.

Deve-se apresentar uma lista de documentos para a retirada de três tipos de licença: a licença prévia, a licença de instalação e a licença de operação. A lista de documentos necessários que devem ser encaminhados à CETESB está exibida abaixo:

- Solicitação;
- Cópia do contrato social, registrado na Junta comercial do Estado, JUCESP;
- Certidão da prefeitura municipal local;
- Manifestação do órgão ambiental municipal;
- Manifestação do órgão ou entidade responsável pelo sistema público de esgotos quanto à existência de estação de tratamento de esgotos que atenderá o empreendimento;
- Comprovante do fornecimento de água e coleta de esgotos;
- Memorial de caracterização do empreendimento;
- Justificativa do empreendimento;

---

<sup>5</sup> <http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamento/licenciamento-ambiental/50-usinas-de-reciclagem-de-residuos-da-construcao-civil>

- Informar a legislação incidente (específica da região do empreendimento);
- Projeto e memorial descritivo;
- Plantas;
- Croqui de localização;
- Lay-out;
- Fluxograma do processo produtivo;
- Mapa de acesso ao local, com referências;
- Roteiro de acesso;
- Outorga de implantação do empreendimento emitida pelo DAEE, se houver captação de águas subterrâneas ou superficiais ou lançamento de efluentes líquidos em corpo d'água.
- Estudo de viabilidade de atividade;
- Anuênciia da empresa concessionária/permissionária;
- Planilha de custos do empreendimento – 1 via.

A licença prévia deve ser solicitada na etapa de planejamento do empreendimento, enquanto que a licença de implantação deve ser solicitada na etapa anterior ao início das obras do empreendimento. Por último, a licença de operação deve ser solicitada para permitir o início das atividades de funcionamento da usina de reciclagem.

### **7.2.1 LIGAÇÃO DE ÁGUA E ESGOTO**

A solicitação da ligação de água e esgoto deve ser feita à SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo), empresa que é responsável pela região de Embu, respeitando-se as condições impostas pela mesma<sup>6,7</sup>. Para a solicitação são necessários os seguintes documentos:

---

<sup>6</sup> <http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=281>

<sup>7</sup> <http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=306>

- Pessoa física: RG e CPF;
- Pessoa Jurídica: RG do solicitante e CNPJ e/ou Inscrição Estadual;
- Comprovante de propriedade ou documento que comprove relação com o imóvel (escritura, contrato de locação, IPTU ou documento similar);
- Alvará de funcionamento da prefeitura;
- Termo de compromisso preenchido e assinado pelo cliente;

### **7.2.2 LIGAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

A solicitação de fornecimento de energia elétrica para a usina deve ser feita junto à AES Eletropaulo, companhia responsável pela região de Embu. Os documentos necessários são:

- RG e CPF ou CNPJ caso seja pessoa jurídica;
- Endereço do empreendimento;
- Atividade a ser exercida e número da inscrição estadual.

### **7.3 LEVANTAMENTO DE EQUIPAMENTOS**

Para que se possam estudar as melhores opções de equipamentos para a usina de RCD, deve-se primeiro realizar um estudo quantitativo do material que será reciclado por hora na usina, criando cenários nos quais a aquisição de equipamentos diferentes possibilitaria diferentes resultados. Para tanto foram criados 6 cenários, expressos na Tabela 7-1, levando-se em conta um valor de produção de RCD corrigido de 90% aproximadamente, valor este obtido no artigo técnico Resíduos de construção e demolição: avaliação de métodos de quantificação (ANGULO et.al., 2011).

Tabela 7-1 - Cenários para aquisição de equipamentos

Ano	Taboão da Serra (t/h)	Taboão da Serra Corrigido(t/h)	Possibilidade 1	Possibilidade 2	Possibilidade 3	Possibilidade 4	Possibilidade 5
2015	68	61					Um equipamento de 70 t/h
2016	71	64					
2017	73	66					
2018	76	69					
2019	79	71					
2020	82	74					
2021	85	77					
2022	89	80					
2023	92	83					
2024	96	86					
2025	99	89					
2026	103	93					
2027	107	96					
2028	111	100					
2029	115	104					
2030	120	108					
2031	124	112					
2032	129	116					
2033	134	120					
2034	139	125					
2035	144	129					

Com a elaboração dos cenários, foram contatados alguns fornecedores de equipamentos para reciclagem de RCD (alimentador automático, britador, transportadores de correia, imã, peneira vibratória etc) de forma a se obter os custos destes maquinários para que possa realizar um estudo comparativo de preço e escolher o melhor cenário baseado nas disponibilidade de equipamentos. A MAPRE<sup>8</sup>, fornecedora de equipamentos rodoviários, e a empresa SIMPLEX<sup>9</sup>, informaram que só poderiam disponibilizar os preços dos equipamentos mediante apresentação de documentação, como CNPJ e endereço da empresa, dificultando a obtenção dos valores dos equipamentos. Já a empresa R3CICLO<sup>10</sup>, que trabalha com equipamentos de britagem móvel com uma capacidade instalada de 350 ton/hora, não enviou a cotação do maquinário, mesmo sendo entrado em contato com a empresa por 3 vezes.

<sup>8</sup> <http://www.mapreequipamentos.com.br/>

<sup>9</sup> <http://www.simplex.ind.br/>

<sup>10</sup> <http://www.r3ciclo.com.br/>

A empresa Máquina Solo<sup>11</sup> não retornou os valores até o fechamento do estudo de precificação de equipamentos de reciclagem.

A empresa Maqbit<sup>12</sup> enviou o orçamento de 3 equipamentos de reciclagem de RCD diferentes, cuja proposta está no Anexo e pode ser vista resumidamente nas Tabelas 7-2, 7-3 e 7-4.

**Tabela 7-2 – Orçamento enviado pela Maqbit para equipamento de 25 a 35 ton/h de capacidade**

Modelo	Capacidade (ton/hora)	Equipamentos	Quantidade	Preço (R\$)
<b>URE-FA25/35 T</b>	25 a 35	Alimentador Vibratório	1	
		Britador de Impacto	1	
		Transportador de Correia 20" c/ 6 m	1	
		Transportador de Correia 16" c/ 15,5 m	1	
		Transportador de Correia 16" c/ 10 m	1	
		Estrutura de Sustentação	1	
		Imã Permanente	1	
		Quadro Elétrico	1	
		Sistema Antipó	1	
		Sistema Antirruído	1	
		Peneira Vibratória	1	
		Plataforma	1	
				<b>R\$ 495.000,00</b>

**Tabela 7-3 - Orçamento enviado pela Maqbit para equipamento de 40 a 60 ton/h de capacidade**

Modelo	Capacidade (ton/hora)	Equipamentos	Quantidade	Preço (R\$)
<b>URE-FA40/60T</b>	40 a 60	Alimentador Vibratório	1	
		Britador de Impacto	1	
		Transportador de Correia 24" c/ 9 m	1	
		Transportador de Correia 16" c/ 15,5 m	1	
		Transportador de Correia 16" c/ 12 m (fi)	1	
		Estrutura de Sustentação	1	
		Imã Permanente	1	
		Quadro Elétrico	1	
		Sistema Antipó	1	
		Sistema Antirruído	1	
		Peneira Vibratória	1	
		Plataforma	1	
		Transportador de Correia 16" c/ 12 m (pi)	4	
				<b>R\$ 739.000,00</b>

<sup>11</sup> <http://maquinasolo.com.br/maquina-solo.html>

<sup>12</sup> [http://www.maqbit.com.br/usina\\_reciclagem\\_entulho3.html](http://www.maqbit.com.br/usina_reciclagem_entulho3.html)

**Tabela 7-4 - Orçamento enviado pela Maqbrit para equipamento de 80 a 110 ton/h de capacidade**

Modelo	Capacidade (ton/hora)	Equipamentos	Quantidade	Preço (R\$)
<b>URE-FA80/110T</b>	80 a 110	Alimentador Vibratório	1	
		Britador de Impacto	1	
		Transportador de Correia 30" c/ 9 m	1	
		Transportador de Correia 24" c/ 19 m	1	
		Transportador de Correia 16" c/ 16 m (fi)	1	
		Estrutura de Sustentação	1	
		Imã Permanente	1	
		Quadro Elétrico	1	
		Sistema Antipó	1	
		Sistema Antirruído	1	
		Peneira Vibratória	1	
		Plataforma	1	
		Transportador de Correia 16" c/ 16 m (pi)	4	
				<b>R\$ 1.211.000,00</b>

A empresa Nortec<sup>13</sup> enviou as propostas para equipamentos de 30, 50, 70 e 100 toneladas horas, cada um disponível em 3 diferentes tipos: Instalação móvel, semimóvel e fixa. Do exposto anteriormente e do que pode ser observado na proposta da Nortec, contida nos Anexos, optou-se por comparar apenas as instalações fixas, uma vez que outras empresas forneceram o mesmo tipo de maquinário e por tratar-se dos menores valores de compra dentre as 3 opções. Os valores para cada equipamento junto dos custos de instalação podem ser vistos na Tabela 7-5.

**Tabela 7-5 - Valores e custos de instalação dos equipamentos**

Capacidade (ton/hora)	Equipamento	Instalação	Total
30	R\$ 300.000,00	R\$ 60.000,00	R\$ 360.000,00
50	R\$ 700.000,00	R\$ 60.000,00	R\$ 760.000,00
70	R\$ 700.000,00	R\$ 65.000,00	R\$ 765.000,00
100	R\$ 800.000,00	R\$ 70.000,00	R\$ 870.000,00

Todos os equipamentos da Nortec acompanham: Alimentador Vibratório com moega; Britador; Calha de impacto; Transportador de catação; Extrator de metal; Transportador móvel de transferência; Peneira classificadora vibratória; Transportador de retorno (círculo fechado); Transportador de produto britado; Transportador de material de limpeza; Quadro de comando. Conforme

<sup>13</sup> <http://nortec.tc/>

esclarecido pelo fornecedor, os equipamentos também acompanham sistemas anti-pó e antirruído.

O estudo para seleção dos equipamentos será efetuado levando-se em conta o fator preço, e como se pode observar da Tabela 7-6, o cenário 4 com a utilização de um equipamento de 100 toneladas/hora para os 13 primeiros anos de operação e a aquisição de outro equipamento de 30 toneladas/hora após este período, sendo assim a melhor opção pelo menor custo. Ainda é importante lembrar que se pode adequar a compra deste novo equipamento a novas necessidades futuras, como aumento da produção e/ou captação de materiais, não sendo obrigatória a compra de um equipamento de 30 ton/h.

**Tabela 7-6 - Estudo para seleção dos equipamentos**

	Possibilidade 1	Possibilidade 2	Possibilidade 3	Possibilidade 4	Possibilidade 5
<b>Valores (R\$)</b>	1.211.000,00	1.211.000,00	1.211.000,00	870.000,00	765.000,00
	760.000,00	495.000,00	739.000,00	360.000,00	360.000,00
		495.000,00	495.000,00		360.000,00
<b>Total (R\$)</b>	<b>1.971.000,00</b>	<b>2.201.000,00</b>	<b>2.445.000,00</b>	<b>1.230.000,00</b>	<b>1.485.000,00</b>

Portanto, levando em consideração a produção de final de plano e o custo de investimento inicial e final para a aquisição dos equipamentos, a possibilidade 4 foi a escolhida. Essa possibilidade apresenta em primeiro plano a aquisição de um equipamento de capacidade 100 t/h e em segunda fase, um equipamento de capacidade de 30 t/h.

#### **7.4 CARACTERÍSTICAS DO TERRENO**

A área para a instalação da usina de reciclagem de RCD encontra-se situada no município de Embu das Artes como apresentado na Figura 7-2 abaixo. Tem como referência a proximidade com a rodovia Régis Bittencourt e com o Rodoanel Mário Covas. O terreno está delimitado pelas ruas: Rua

Arapongas, Rua Novo Hamburgo e Rua Lages. Esta última interliga-se na Avenida Hélio Ossamu Daikuara, de maior porte.



**Figura 7-2 - Localização do terreno no município de Embu das Artes**

O terreno apresenta uma área de 75.437,03 m<sup>2</sup> sendo completamente desarborizado e sem cobrimento vegetal. Com isso não haverá necessidade de gastos com extração de cobertura vegetal. O perímetro limítrofe da área é de 1376,2 m.

Com relação à região vizinha ao terreno, tem-se um bairro residencial, com moradias de população de baixa renda semelhantes a regiões de construção informais.

O terreno anteriormente tinha a função de área de recreação, com campos de futebol para lazer da comunidade presente nas redondezas. Atualmente a área foi cercada e fechada para uso, sendo que no momento da visita não foi obtida informações a respeito da destinação que estava se dando à área, com os campos de futebol retirados e o terreno totalmente nivelado e a presença de alguns tubos de concreto armado armazenados.

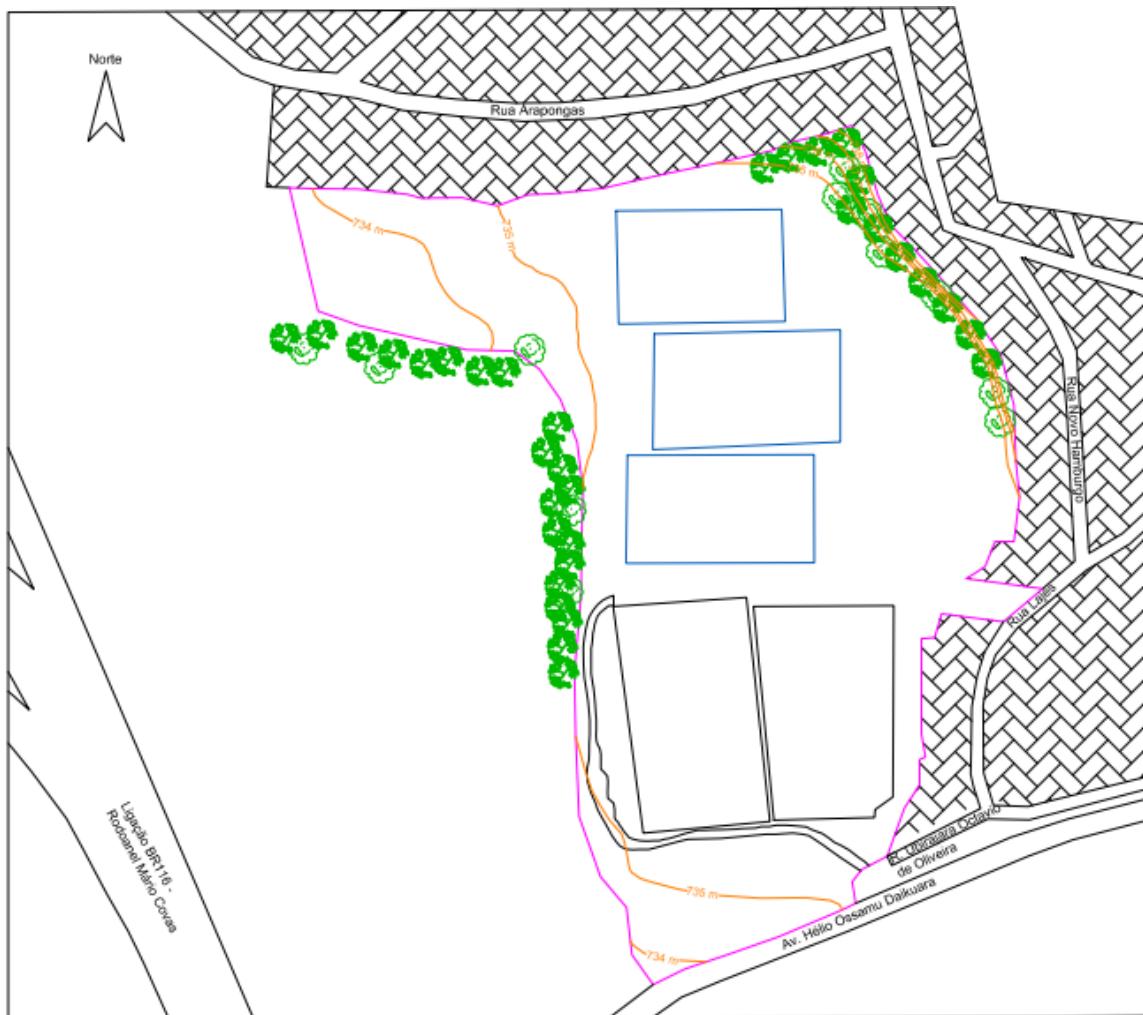
Na Figura 7-3 está apresentado o terreno em fotos tiradas no local, sendo obtidas durante a visita de campo. Comprovou-se o nivelamento suposto pelas fotos de satélite retiradas pelo Google Earth, a falta de cobrimento vegetal e os acessos pelas ruas Araponga e Novo Hamburgo.



**Figura 7-3 - Fotos tiradas durante visita de campo. FOTO 01 representa a área sem cobertura vegetal e terreno plano; FOTO 02 terreno com depósito de alguns materiais; FOTO 03 Rua ; FOTO 04 ; FOTO 05 ; FOTO 06**

Foi levantada uma planta topográfica do terreno para estudo, como apresentado na Figura 7-4 e também em A3 nos Anexos – Desenho 02. Como se pode observar, o terreno é naturalmente nivelado, necessitando-se assim de mínimos trabalhos de movimentação de terra. Porém não será descartada a possibilidade de corte e aterro para a criação de declividades para o

escoamento de água de chuva e das rampas de acesso aos equipamentos de britagem de material.



**Figura 7-4 - Levantamento Topográfico do terreno escolhido - Desenho 02**

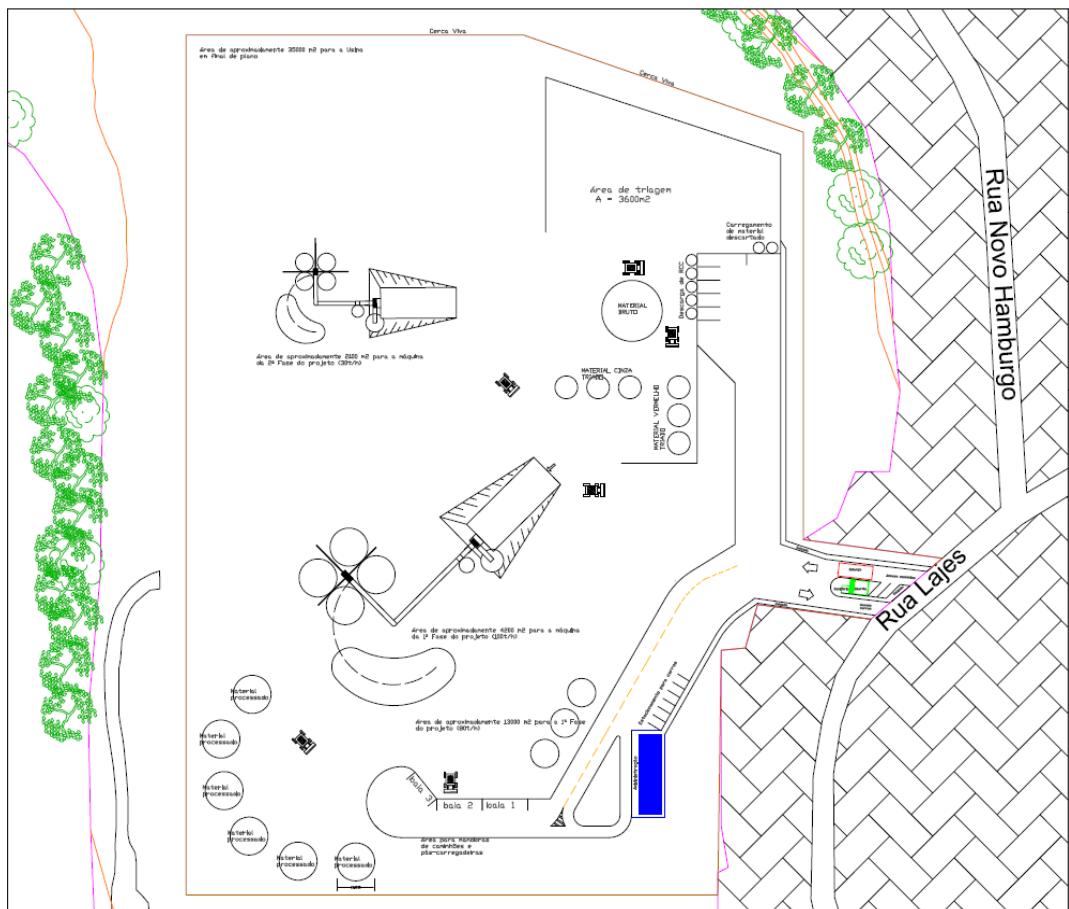
## 7.5 LAYOUT DA USINA

Primeiramente, foi feita uma análise em relação ao crescimento de geração de resíduos e a necessidade de expansão da usina de reciclagem com a compra de novos equipamentos. Portanto, ficou definido que a usina seria construída em 3 fases de expansão. Ficou definido que seria comprado em primeiro plano uma usina para a produção de 80m<sup>3</sup>/h. Subsequente, teriam

duas fases com compra de maquinários para a produção de 25m<sup>3</sup>/h. Com isso, foi delimitada a área necessária para os 3 equipamentos.

Sabendo das dimensões que seriam utilizadas para a produção do resíduo, foram definidas as áreas onde seriam armazenados os materiais processados. Logo após, foi definido o local do prédio de administração, acesso da usina, pátio de estacionamento e o local de carga e descarga de caminhões basculantes.

A Figura 7-5 apresenta o layout que será considerado para a elaboração dos projetos da usina de reciclagem de RCD. Nota-se que está projetado para final de plano de duas fases, com os dois equipamentos de processamento de resíduos alocados no terreno, um de 100 t/h de capacidade (representada em maior escala) e um equipamento de 30 t/h de capacidade (menor escala). A prancha A3 do layout está apresentada em Anexo – Desenho 01.



**Figure 7-5 - Layout da Usina de Reciclagem de RCD proposto para plano final -Desenho 1**

## 7.6 PROJETO DE MOVIMENTAÇÃO DE TERRA

O projeto de movimentação de terra foi elaborado utilizando-se a instrução de projeto do departamento de estradas e rodagens da secretaria de transportes do estado de São Paulo, o qual se apoia na antiga NBR 9732: Projeto de terraplenagem – rodovias e em instruções técnicas de serviço do DNER – Departamento nacional de estradas de rodagem.

O estudo de movimentação de terra foi realizado junto do projeto de drenagem, de forma a auxiliar este com declividades necessárias para o correto escoamento da água da chuva no terreno. O terreno era previamente nivelado, com toda sua superfície na cota 735 metros conforme exposto na planta topográfica inicial, sendo necessária a utilização de material de empréstimo para a realização da nova topografia a ser adotada para a usina.

O projeto de movimentação de terra, com a nova planta topográfica contendo novas curvas de níveis, apresenta alguns pontos cotados de identificação para correta elaboração da movimentação de terra, além do direcionamento das declividades criadas pode ser visto no item Anexo – Desenho 03 e 04.

Com o cálculo de material necessário para o projeto, levando-se em conta as novas cotas e declividades, chegou-se ao valor aproximado de 16.422,8 m<sup>3</sup> de solo para aterro, conforme exposto em memorial de cálculo que está demonstrado nas Tabelas 7-7 e 7-8. As áreas e volumes expostos no memorial podem ser observados na Figura 7-6.

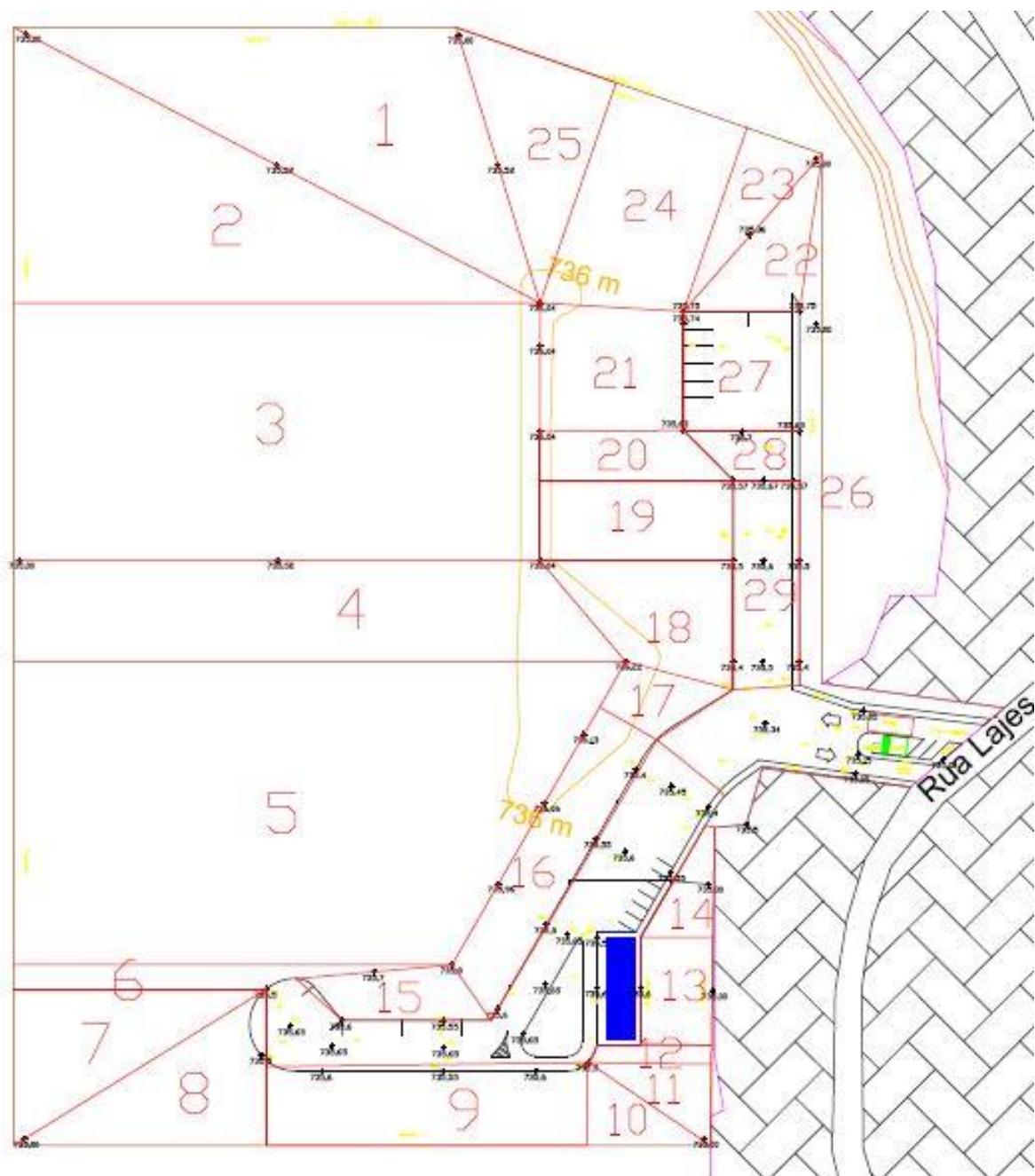


Figura 7-6 - Áreas separadas para o cálculo do volume da movimentação de terra.

**Tabela 7-7 - Volume de corte e aterro para cada subárea**

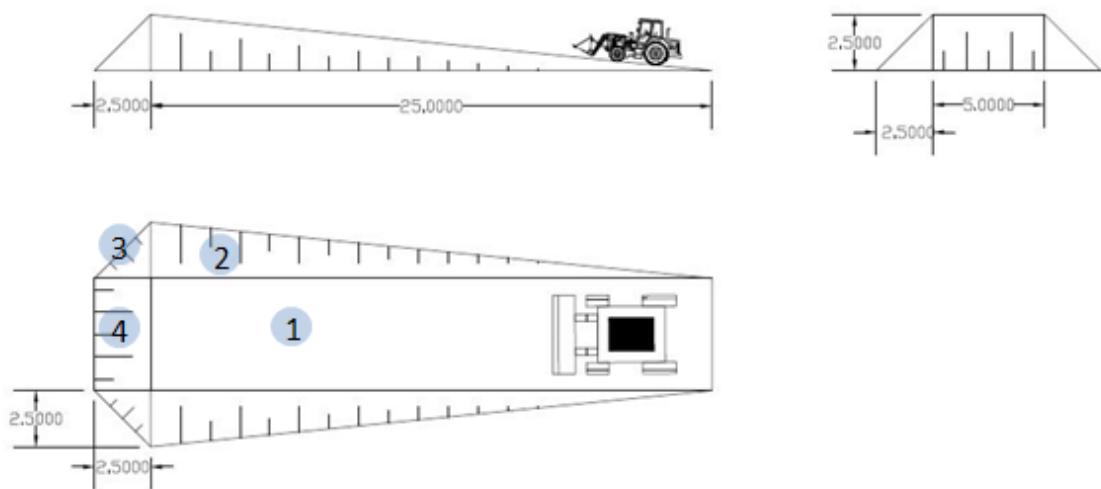
Área de Solo								
Área	Tipo	Cota/Distância	Cota terreno	Altura	Base 1	Base 2	Área (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
1	Pirâmide	736,04	735	1,04	41,34	116	2397,72	831,21
2	Pirâmide	736,04	735	1,04	55,54	106	2943,62	1020,45
3	Paralelepípedo	52	735	52	736,04	106	55,12	2866,24
4	Paralelepípedo	20,4	735	20,4	736,13	114,6	64,75	1320,88
5	Paralelepípedo	61,13	735	61,13	736	106	53,00	3239,89
6	Paralelepípedo	5	735	5	735,7	72,57	25,40	127,00
7	Pirâmide	735,5	735	0,5	50,4	31,6	796,32	132,72
8	Pirâmide	735,5	735	0,5	31,8	50,8	807,72	134,62
9	Paralelepípedo	64,57	735	64,57	735,55	16,6	4,56	294,76
10	Pirâmide	735,5	735	0,5	16,75	24,7	206,86	34,48
11	Pirâmide	735,5	735	0,5	24,7	15,7	193,90	32,32
12	Paralelepípedo	3,69	735	3,69	735,51	23,9	6,09	22,49
13	Paralelepípedo	21,6	735	21,6	735,6	14,6	4,38	94,61
14	Paralelepípedo	22,1	735	22,1	735,55	8,25	2,27	50,14
15	Paralelepípedo	30,75	735,57	30,75	735,73	10,31	0,82	25,36
16	Paralelepípedo	62,78	735,5	62,78	736	13,1	3,28	205,60
17	Paralelepípedo	13	735,4	13	736,19	17,11	6,76	87,86
18	Paralelepípedo	22	735,43	22	736,13	30,25	10,59	232,93
19	Paralelepípedo	16,22	735,54	16,22	736,04	38,9	9,73	157,74
20	Paralelepípedo	9,88	735,6	9,88	736,04	33,88	7,45	73,64
21	Paralelepípedo	25	735,7	25	736,04	28,88	4,91	122,74
22	Paralelepípedo	11,93	735	11,93	736,04	17,17	8,93	106,52
23	Pirâmide	735,75	735	0,75	16,08	39,07	314,12	78,53
24	Paralelepípedo	27,87	735	27,87	735,89	43,08	19,17	534,28
25	Pirâmide	736,04	735	1,04	34,11	46,97	801,07	277,71
26	Paralelepípedo	89	735	89	735,57	4,6	1,31	116,68
								<b>TOTAL (m<sup>3</sup>)</b> <b>12221,39</b>

**Tabela 7-8 - Cálculo do volume de corte e aterro na área pavimentada e áreas não contabilizadas**

Área Pavimentada								
Área	Tipo	Cota/Distância	Cota terreno	Altura	Base 1	Base 2	Área (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
27	Paralelepípedo	23,66	735,63	23,66	735,75	24,24	1,45	34,41
28	Paralelepípedo	18,41	735,57	18,41	735,63	9,75	0,29	5,38
29	Paralelepípedo	13,41	735,38	13,41	735,57	41,84	3,97	53,30
								<b>TOTAL (m<sup>3</sup>)</b> <b>93,10</b>
Área Não contabilizadas								
Área	Tipo	Cota/Distância	Cota terreno	Altura	Base 1	Base 2	Área (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
30	Cubo	-	735,55	0,55	-	-	1600,00	880,00
31	Cubo	-	735,2	0,2	-	-	989,12	197,82
32	Cubo	-	735,63	0,63	-	-	570,00	359,10
15	Cubo	-	735,57	0,57	-	-	315,00	179,55
16	Cubo	-	735,5	0,5	-	-	794,90	397,45
17	Cubo	-	735,4	0,4	-	-	222,00	88,80
18	Cubo	-	735,43	0,43	-	-	681,00	292,83
19	Cubo	-	735,54	0,54	-	-	633,00	341,82
20	Cubo	-	735,6	0,6	-	-	325,00	195,00
21	Cubo	-	735,7	0,7	-	-	727,23	509,06
27	Cubo	-	735,63	0,63	-	-	557,60	351,29
28	Cubo	-	735,57	0,57	-	-	175,00	99,75
29	Cubo	-	735,38	0,38	-	-	568,00	215,84
								<b>TOTAL (m<sup>3</sup>)</b> <b>4108,31</b>
Total de Metros Cúbicos necessários da Usina (m <sup>3</sup> )								<b>16422,80</b>

Antes do início da movimentação de terra deve-se realizar uma limpeza no terreno, além do destorramento do solo ali presente com a utilização de equipamento compatível para esta atividade.

O projeto será elaborado em camadas de 20 a 30 centímetros de altura devidamente compactadas com a utilização de rolo compressor liso vibratório, podendo-se fazer uso também de rolo compressor pé-de-carneiro caso haja a utilização de material fino nas camadas mais profundas da movimentação. O material das camadas superiores será uma mistura solo-agregado devidamente compactada, sendo este material utilizado também nas rampas de acesso aos maquinários de britagem, cujo modelo pode ser visto na Figura 7-7.



**Figura 7-7 - Detalhe da rampa de acesso ao maquinário**

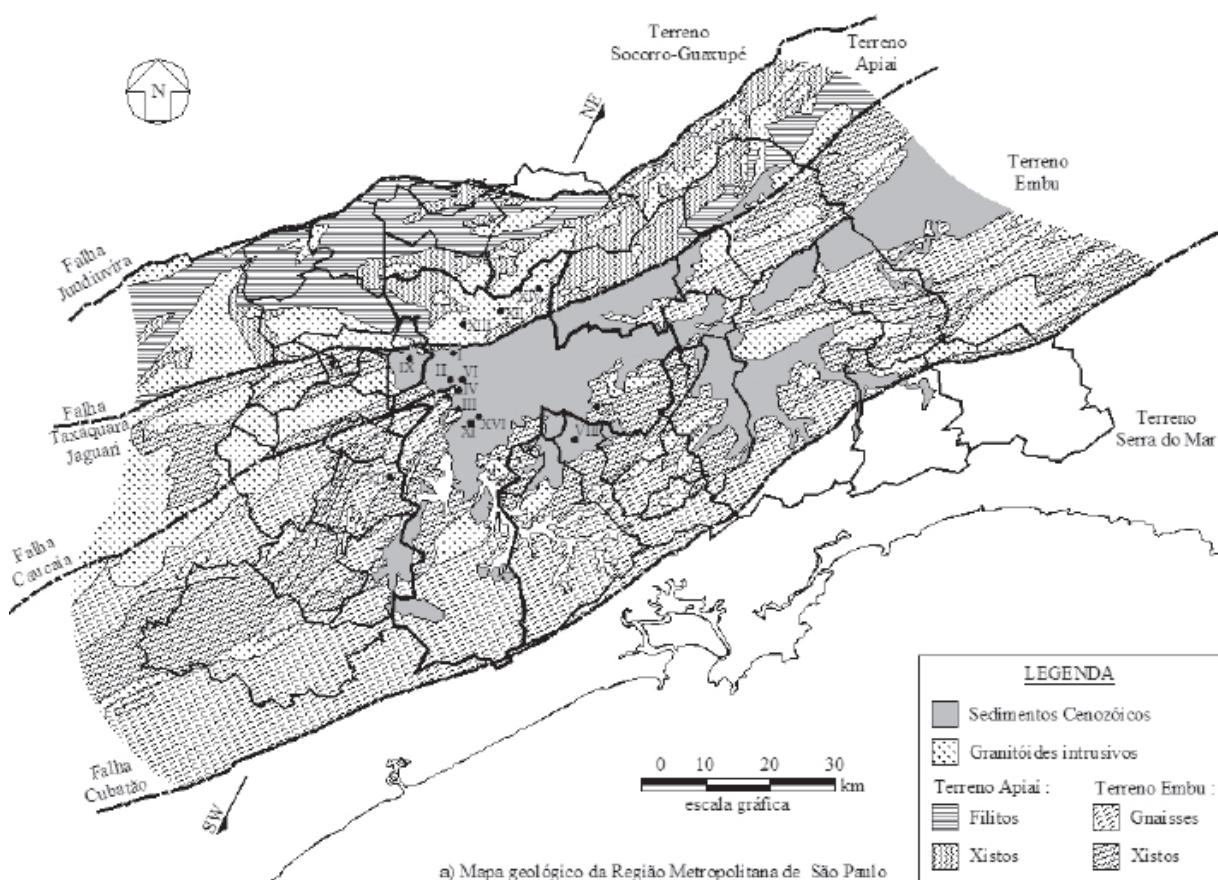
Portanto, o volume necessário para cada rampa de acesso é de 229,17 m<sup>3</sup>. Se considerarmos que teremos duas rampas em final de plano, o total é de 458,33 m<sup>3</sup>. Os cálculos estão apresentados na Tabela 7-9.

**Tabela 7-9 - Volume de movimentação de terra de cada rampa**

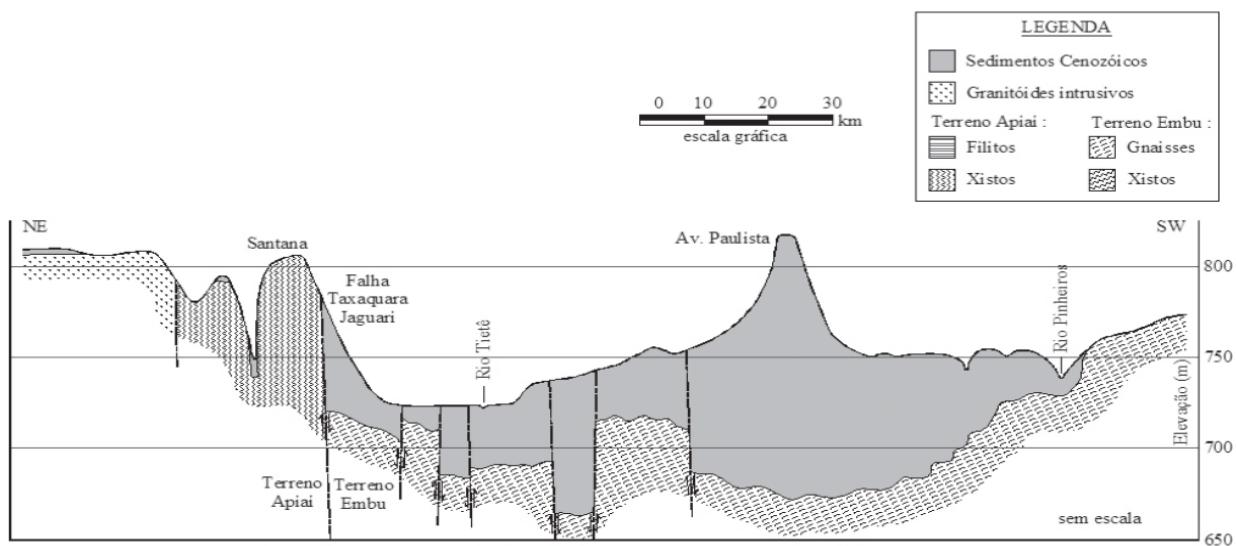
Volume	Tipo	Quantidade Igual	Base (m)	Altura da Base (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Altura (m)	Volume (m <sup>3</sup> )	Volume Total (m <sup>3</sup> )
1	Paralelepípedo	1	25	2,5	31,25	5	156,25	156,25
2	Pirâmide	2	25	2,5	31,25	2,5	26,04	52,08
3	Pirâmide	2	2,5	2,5	3,125	2,5	2,60	5,21
4	Paralelepípedo	1	2,5	2,5	3,125	5	15,63	15,63
							Total (m <sup>3</sup> )	229,17

## 7.7 ESTUDO GEOTÉCNICO DO TERRENO

A região metropolitana de São Paulo é caracterizada por solos residuais originários de embasamento cristalino. O mapa geológico apresentado na Figura 7-8 mostra o embasamento cristalino com a localização dos municípios que fazem parte da região metropolitana. Com isso pode-se verificar a formação rochosa do município de Embu das Artes. A RMSP é caracterizada pela separação de dois terrenos: Terreno Apiaí e Terreno Embu (também conhecido como Complexo Embu), Vargas (1980). Como as atividades sísmicas acarretaram na formação de uma depressão, no período cenozoico ocorreu o processo de depósito de material sedimentar. O resultado desse processo pode ser verificado na Figura 7-9, onde se percebe que sedimentos cenozoicos são predominantes no Terreno Embu.



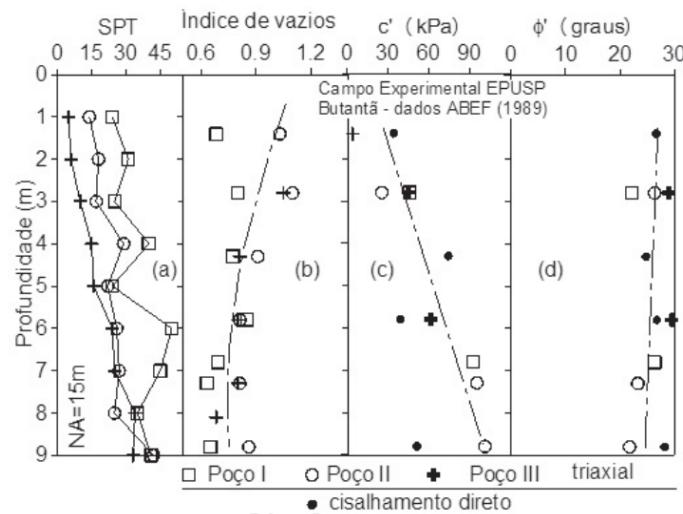
**Figura 7-8 - Mapa geológico da Região Metropolitana de São Paulo. FONTE: COUTINHO, 1981.**



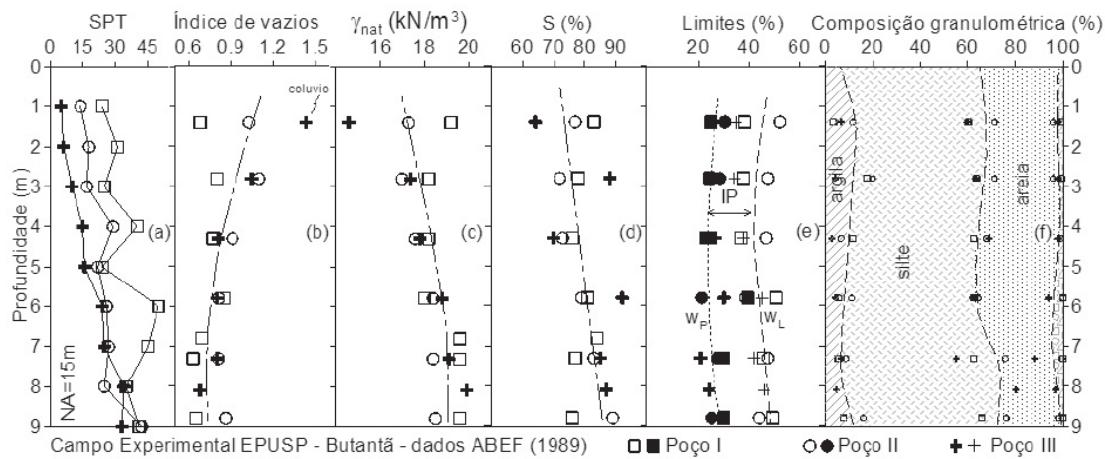
**Figura 7-9 - Seção esquemática da configuração do solo da Região Metropolitana de São Paulo** Fonte: Vargas(1980), Riccomini e Coimbra (1992) e Vargas (1992)

Portanto, sabendo que o solo de Embu das Artes é caracterizado pelo Complexo Embu, buscou-se informações desse embasamento cristalino. Apesar de ser um terreno heterogêneo com destaque para gnaisses, migmatíticos, xistos e metarenitos ABEF (1989), de modo simplificado pode-se considerar que o solo na região de Embu das Artes seja formado por solo residual resultante de alteração de gnaisses CECILIO (2009).

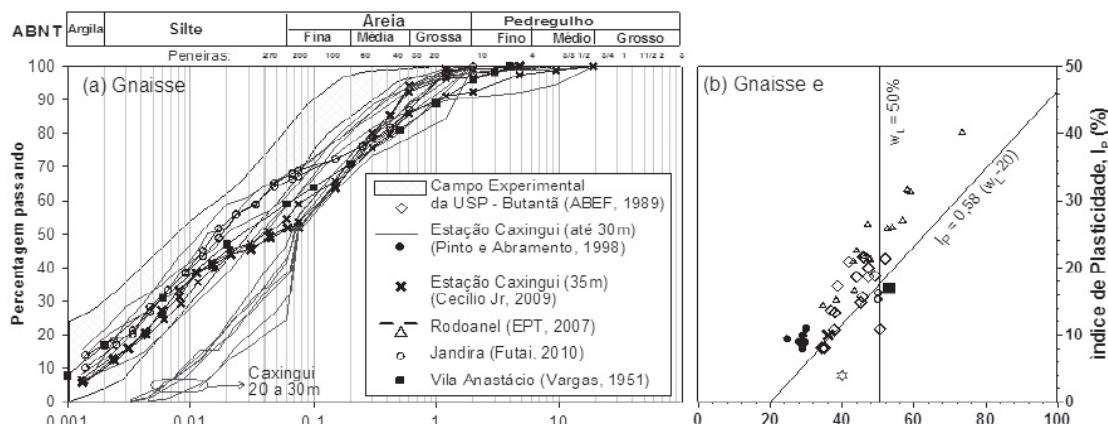
Portanto, é valido fazer a comparação do solo usado nos ensaios realizados no Campo Experimental da EPUSP, publicado em 1989 pela ABEF, com o solo de Embu das Artes. Os dados retirados do ensaio na USP foram feitos a partir da execução de três poços e sondagens a percussão. Com isso, na Figura 7-10, estão apresentados os resultados de SPT, índices de vazios, coesão e ângulo de atrito, que serão utilizados para a elaboração do projeto. Já na Figura 7-11, também da ABEF (1989), estão demonstrados a coesão e limites de plasticidade do solo residual ensaiado. E por último, na Figura 7-12, está apresentada a curva granulométrica e índice de plasticidade para o solo de gnaisses também do campo experimental do EPUSP.



**Figure 7-10 - Perfil de variação de parâmetros de resistência do Campo Experimental da EPUSP. Fonte: ABEF (1989)**



**Figura 7-11 - Perfil de variação de parâmetros de resistência do Campo Experimental da EPUSP. Fonte: ABEF (1989)**



**Figura 7-12 - Curva Granulométrica e Índice de Plasticidade para o solo gnaisse ensaiado no campo experimental do EPUSP. Fonte: ABREP (1989)**

Com esses dados levantados, será possível a realização do projeto de pavimentação, do projeto de fundação da guarita e do prédio da administração e por final saber se será necessário realizar compactação na área do terreno.

## **7.8 PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO**

### **7.8.1 CLASSIFICAÇÃO DO SOLO**

Para realizar o projeto de pavimentação, deve-se ser feita a classificação do solo natural do terreno, para assim ocorrer o dimensionamento das camadas subsequentes. O sistema de classificação que será utilizado é da Highway Research Board (HRB), normatizada pela AASHTO M145 em 1995. A partir da Tabela 7-10, sabendo o Índice de plasticidade, o limite de liquidez e a granulometria do material, sabe-se a classificação do solo em estudo. No caso, retirando esses valores apresentado no item de estudo geotécnico do terreno, sabe-se que o solo residual de gnaisses apresenta: IP de 58%, LL de 50% e 83% do material passa na peneira N° 200. Com esses valores, consegue-se saber a classificação pela Tabela 7-11.

**Tabela 7-10 - Sistema de classificação da Highway Research Board (HRB)**

CLASSIFICAÇÃO GERAL	MATERIAIS GRANULARES (p) (35% ou menos passando na peneira nº 200)							MATERIAIS SILTOSOS E ARGILOSOS (p) (mais de 35% passando na peneira nº 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 A-7-6
Peneiração: % que passa:											
Nº 10	50 máx.										
Nº 40	30 máx.	50 máx.	51 mín.								
Nº 200 (p)	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características da fração que passa nº 40:											
Límite de Liquidez – LL (%)				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidade IP (%)		6 máx	NP	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Índice de Grupo (IG)	0	0		0		4 máx.		8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Materiais que predominam	Pedra britada pedregulho e areia	Areia fina		Areia e areia siltosa ou argilosa				Solos siltosos		Solos argilosos	
Comportamento geral como subleito	Excelente e bom							Fraco a pobre			

Assim, pode-se retirar a classificação do solo residual de gnaisse presente no terreno de Embu das Artes, sendo, portanto, A-5. O material é considerado de fraco a pobre segundo essa classificação.

Com essa classificação, pode-se realizar a correlação do CBR com os solos classificados segundo a HRB. A Tabela 7-11 mostra as correlações possíveis entre esses índices. Com essa tabela, foi possível saber que se deve adotar um CBR de 7% para solos de classificação A-5 (explicado mais adiante).

**Tabela 7-11 Correlação provável entre CBR e Classificação HRB FONTE: (SENÇO, 1997)**

Solo (Classificação H. R. B.)	CBR provável (%)
A-1-a	40 a 80 (ou mais)
A-1-b	20 a 80 (ou mais)
A-2-4 e A-2-5	25 a 80 (ou mais)
A-2-6 e A-2-7	12 a 30
A-3	15 a 40
A-4	4 a 25
A-5	2 (ou menos) a 10
A-6 e A-7	2 (ou menos) a 5

## 7.8.2 ESCOLHA DO PAVIMENTO

Será escolhido para a Usina de reciclagem, o uso de pavimento flexível composta por uma camada de base, uma camada de subbase, camada de assentamento de areia e a camada de revestimento composta por peças de concreto intertravadas. Essa escolha é usual em usinas de reciclagem de RCC. E a opção pela utilização de base e subbase é devido ao caráter pobre do solo natural do terreno.

Como base, por ser usual, foi feita a escolha pela brita granular simples (BGS), com CBR de 60%. E como subbase, será usado solo laterítico, comum da região, de CBR de 20%.

## 7.8.3 METODOLOGIA DE CÁLCULO

Será utilizado o método de dimensionamento adotado pelo DNER (atual DNIT) denominado método do Engenheiro Murilo Lopes de Souza. Todo o procedimento de dimensionamento aqui apresentado foi retirado do Manual de Pavimentação do DNER (DNER, 1996).

### 7.8.3.1 TIPO DE TRÁFEGO

O tráfego é dimensionado em função do número equivalente N de operações de um eixo tomado como padrão, com carga máxima legal para o eixo simples de rodas duplas de 10 toneladas por eixo simples de rodagem dupla (100 kN/ESRD). Em função das características do provável tráfego no local, este será considerado médio, conforme a Tabela 7-12.

**Tabela 7-12 - Número equivalente N de operações de um eixo padrão. Fonte: DNER, 1996**

FUNÇÃO PREDOMINANTE	TRÁFEGO PREVISTO	VIDA DE PROJETO (ANOS)	VOLUME INICIAL DA FAIXA MAIS CARREGADA		N	N <sub>Característico</sub>
			VEÍCULO LEVE	CAMINHÕES E ÔNIBUS		
Via Local	Leve	10	100	4	$2,7 \times 10^4$	$10^6$
			a	a	a	
			400	20	$1,4 \times 10^5$	
Via Local e Coletora	Médio	10	401	21	$1,4 \times 10^5$	$5 \times 10^5$
			a	a	a	
			1500	100	$6,8 \times 10^5$	

### 7.8.3.2 CAPACIDADE DE SUPORTE DO SUBLEITO

A determinação da capacidade de suporte do subleito e dos materiais granulares do pavimento é feita pelo CBR. Quando se deseja e for justificável uma segurança maior, em vez do CBR, pode-se utilizar o CBR corrigido, em função do Índice de Grupo (IG), que é função dos resultados dos ensaios de caracterização do solo do subleito, denominado índice de suporte (IS). No caso, os solos do reassentamento foram caracterizados somente pelos resultados dos ensaios de sondagens de simples reconhecimento, já que não foram realizados os ensaios de CBR. Desta forma, será adotada a premissa de que o subleito natural apresente um CBR mínimo de 7% (Índice de Suporte  $\geq 7\%$ ). De acordo com a Tabela 7-11 deste relatório, para os solos do tipo A5, o CBR provável varia de 2 a 10%. Em função disto, o CBR do subleito natural do terreno está dentro do limite esperado, sendo adotado CBR de 7%. Também há a recomendação que, tanto o subleito como as demais camadas do pavimento, o grau de compactação não deva ser inferior a 100%.

### 7.8.3.3 ESPESSURA DO PAVIMENTO

Para determinação da espessura do pavimento, utiliza-se o ábaco do Manual do DNER, apresentado na Figura 7-13, que relaciona o valor de “N” (operações de eixo padrão) com o Índice de Suporte ou CBR:

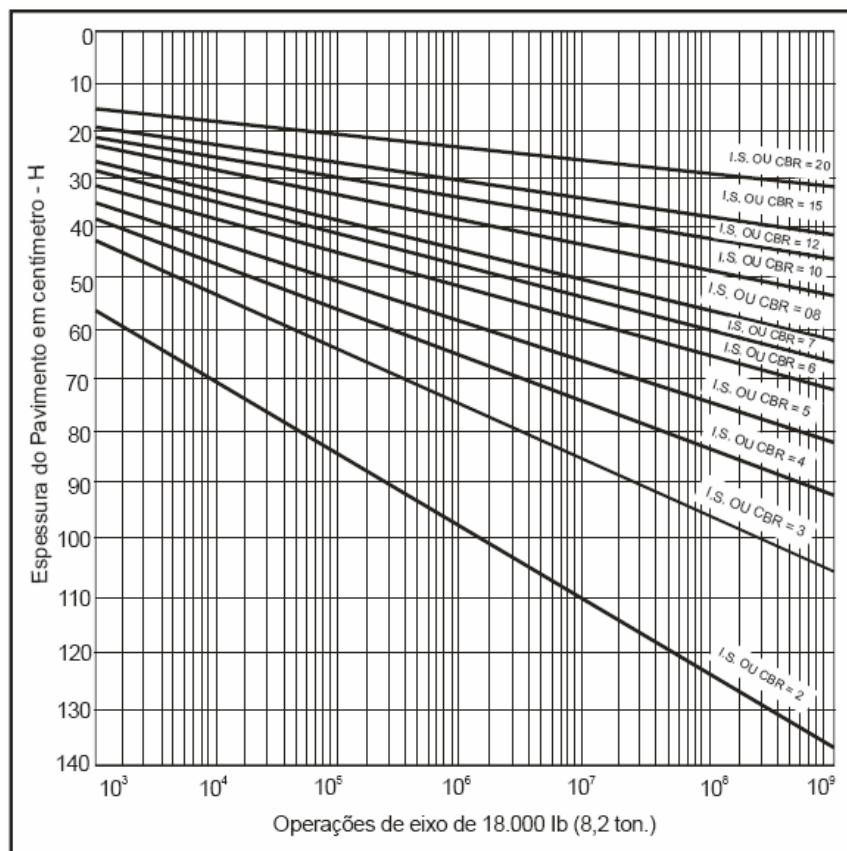


Figura 7-13 - Ábaco de dimensionamento de camadas do pavimento. Fonte: DNER, 1996

Com base na simbologia das camadas apresentado na Figura 7-14, o ábaco será utilizado da seguinte forma:

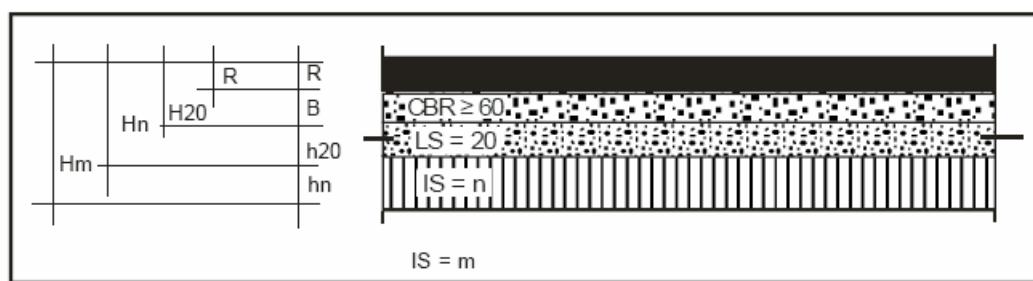


Figura 7-14 - Simbologia das camadas. Fonte: DNER, 1996

Procedimento de cálculo:

➤ **Subleito: IS = m → Tráfego: N → ábaco → H<sub>m</sub>**

H<sub>m</sub> é a espessura total do pavimento para materiais de k = 1.

➤ **Reforço do Subleito: IS = n → Tráfego: N → ábaco → H<sub>n</sub>**

H<sub>n</sub> é a espessura necessária de pavimento acima do reforço, quando utilizado. ou seja, sub-base + base + revestimento, para materiais de k = 1. O material de base deve ter um Índice de Suporte ou CBR mínimo de 60%.

➤ **Sub-base: IS = 20 Tráfego: N → ábaco → H<sub>20</sub>**

H<sub>20</sub> é a espessura necessária de pavimento acima da sub-base, ou seja, base + revestimento, para materiais de k = 1. O material de sub-base deve ter um Índice de Suporte ou CBR mínimo de 20%.

#### 7.8.3.4 COEFICIENTES DE EQUIVALENCIA ESTRUTURAL (K)

De acordo com a tabela abaixo, os valores dos coeficientes estruturais (K) são de acordo com a Tabela 7-13.

**Tabela 7-13 – Valores dos Coeficientes estruturais FONTE: SENÇO (1997)**

Componentes dos pavimentos	Coeficiente k
Base ou revestimento do concreto betuminoso	2,00
Base ou revestimento pré-misturado a quente, de graduação densa	1,70
Base ou revestimento pré-misturado a frio, de graduação densa	1,40
Base ou revestimento por penetração	1,20
Base granular	1,00
Sub-base granular	0,77 (1,00)
Reforço do subleito	0,71 (1,00)
Solo-cimento com resistência à compressão a 7 dias, superior a 45 kg/cm <sup>2</sup>	1,70
Idem, com resistência à compressão a 7 dias, entre 45 kg/cm <sup>2</sup> e 35 kg/cm <sup>2</sup>	1,40
Idem, com resistência à compressão a 7 dias, inferior a 38 kg/cm <sup>2</sup>	1,00

Tanto para a base de brita graduada e a sub-base de laterita, será utilizado o valor de  $K = 1$ .

### 7.8.3.5 ESPESSURA DAS DEMAIS CAMADAS

Uma vez determinada a espessura total do pavimento ( $H_m$ ) e fixada a espessura do revestimento (8,00 cm de espessura do bloquete intertravado), procede-se o dimensionamento das demais camadas. As espessuras da base (B) e sub-base ( $h_{20}$ ) são obtidas pela resolução das Equações 7-1, 7-2 e 7-3:

$$R \times K_R + B \times K_B \geq H_{20} \quad (\text{Equação 7-1})$$

$$R \times K_R + B \times K_B + h_{20} \times K_S \geq H_n \quad (\text{Equação 7-2})$$

$$R \times K_R + B \times K_B + h_{20} \times K_S + h_n \times K_{REF} \geq H_m \quad (\text{Equação 7-3})$$

### 7.8.3.6 RESUMO DA METODOLOGIA

**Passo 1:** Determinar o tipo de tráfego para o local;

**Passo 2:** Definição do CBR ou Índice de Suporte subleito natural;

**Passo 3:** Definição dos tipos de materiais a serem utilizados na estrutura do pavimento;

**Passo 4:** Definição da espessura da capa de rolamento (revestimento);

**Passo 5:** Determinação da espessura das demais camadas:

- (a) Com o tipo de tráfego (N) e CBR do subleito é obtida a espessura  $H_m$  no ábaco da figura 4;
- (b) Determina-se a espessura da base (B) conforme a inequação (II);
- (c) Determina-se a espessura da sub-base;

(d) Caso o CBR natural apresente CBR ou IS inferior a 7%, deverá ser previsto seu reforço. A espessura  $H_m$  é obtida da mesma forma que o subitem (a) e a espessura do reforço ( $h_n$ ) é obtida através da inequação (III).

#### 7.8.4 DIMENSIONAMENTO

Conforme já exposto anteriormente, os materiais a serem utilizados serão: pavimento intertravado de concreto de 8cm e  $K_r=1,20$ , camada de assentamento de areia de 5cm, base de brita graduada com  $K_b=1,00$  e subbase de solo laterítico com  $K_s=1,00$ .

- **Subleito:**  $IS = 7\% \rightarrow$  Tráfego:  $N = 5 \times 10^5 \rightarrow$  ábaco da Figura 7-13  $\rightarrow H_m = 45 \text{ cm}$
- **Sub-base:**  $IS = 20\% \rightarrow$  Tráfego:  $N = 5 \times 10^5 \rightarrow$  ábaco da Figura 7-13  $\rightarrow H_{20} = 23 \text{ cm}$

Desta forma, as camadas terão as seguintes espessuras:

**Base (B):**

$$R \times K_R + B \times K_B \geq H_{20}$$

$$8,00 \times 1,20 + B \times 1,00 \geq 23,00$$

$$B \geq 13,4 \text{ cm} \rightarrow \text{adotado } B = 15 \text{ cm}$$

**Sub-base ( $h_{20}$ ):**

$$h_{20} = 45,00 - 15,00 - 8,00 - 5,00 = 17 \text{ cm} \rightarrow \text{adotado Sub} = 20 \text{ cm}$$

Desta forma, a estrutura do pavimento final proposto está apresentado na Figura 7-15 com a funcionalidade e suas respectivas dimensões.

REVESTIMENTO DE PAVIMENTO INTERTRAVADO DE CONCRETO	8,00 cm
ASSENTAMENTO DE AREIA	5,00 cm
BASE DE BRITA GRADUADA COM $CBR \geq 60\%$	15,00 cm
SUB-BASE DE LATERITA COM $CBR \geq 20\%$	20,00 cm
SUBLEITO COMPACTADO A 100% DA ENERGIA NORMAL COM $CBR \geq 7\%$	-

Figura 1-15 - Dimensões das camadas da área pavimentada

O projeto está apresentado em Anexo- Desenho 05. Também foram definidas outras premissas para ocorrer a construção do pavimento intertravado. Por exemplo, mesmo o piso sendo considerado de grande capacidade de absorção, serão colocadas sarjetas, como apresentado nas Figuras 7-16 e 7-17. Isso será necessário pois devido a grande área superficial da área pavimentada, pode ocorrer saturação do solo impermeabilizado, ocorrendo acúmulo prejudicial ao desempenho do pavimento intertravado. Assim será executado um projeto com bocas de lobo para recolher a água que escorre pelas sarjetas. Outra premissa adotada será a declividade lateral de 2% e calçadas laterais de 2m. Todas essas informações foram desenhadas e estão apresentadas nas Figuras 7-16 e 7-17.

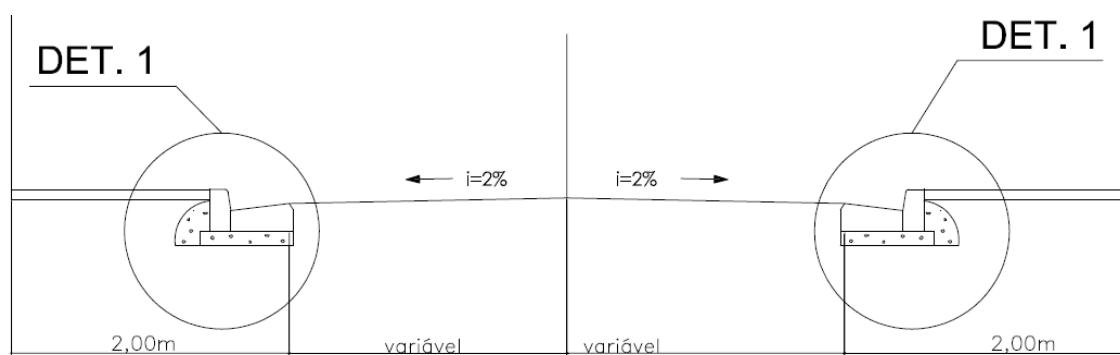
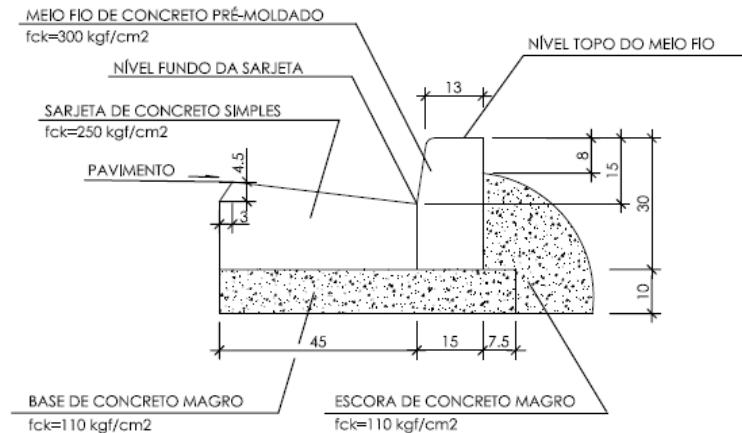


Figura 7-16 - Corte da seção onde terá pavimento intertravado.



**DETALHE 1 - SARJETA SIMPLES**  
S/ESC.:

**Figura 7-17 - Detalhe da Sarjeta**

## 7.8.5 MÉTODO CONSTRUTIVO

### 7.8.5.1 PREPARO DO SUBLEITO DO PAVIMENTO

O preparo de súbleito do pavimento consistirá nos serviços necessários para que este assuma a forma definitiva pelos alinhamentos, perfis, dimensões e seção transversal típica, estabelecida pelo projeto e para que esse súbleito fique em condições de receber a subbase e base do pavimento intertravado.

#### Equipamentos

O equipamento mínimo a ser utilizado no preparo do súbleito para pavimentação é o seguinte:

- Motoniveladora;

- Irrigadeira ou Carro-Tanque equipado com conjuntos moto-bomba, com capacidade para distribuir água com pressão regulável e em forma de chuva; capacidade mínima de 5.000 litros;
- Régua de madeira ou metálica, com arestas vivas e comprimento de aproximadamente 4,00 m;
- Compressor, autopropulsor com rolos lisos ou pé de carneiro;
- Pequenas ferramentas, tais como enxadas, pás, picaretas, etc;
- Gabarito de madeira ou metálico, cuja borda inferior tenha forma de seção transversal estabelecida pelo projeto;

## **Regularização**

A superfície do subleito deverá ser regularizada na largura do projeto com motoniveladora, de modo que assuma a forma determinada pela seção transversal e demais elementos do projeto. As pedras ou matacões encontrados por ocasião da regularização deverão ser removidos, devendo ser o volume por eles ocupado, preenchido por solo adjacente.

## **Umedecimento e Compressão**

O umedecimento será feito até que o material adquira o teor e umidade mais conveniente ao seu adensamento, a juízo da Fiscalização. A compressão será feita progressivamente, das bordas para o centro do leito, até que o material fique suficientemente compactado, adquirindo a compactação de 100 % do Proctor Normal, na profundidade de 5 cm. Nos lugares inacessíveis aos compressores ou onde seu emprego não for recomendável deverá ser feita à compressão por meio de soquetes.

### **7.8.5.1 PAVIMENTO INTERTRAVADO**

A execução será feita de forma a atender aos perfis transversais e longitudinais indicados no projeto. A ABNT NBR 9781:2013, regulariza as especificações e métodos de ensaios das peças de concreto para pavimentação e a ABNT NBR 15953:2011, regulariza a execução do pavimento intertravado. Portanto, segundo essa ultima norma apresentada, as etapas executivas para o assentamento dos bloquetes de concreto são as seguintes:

#### **Equipamentos**

São indicados os seguintes tipos de equipamentos para a execução do assentamento dos bloquetes: Martelo de borracha, carro de mão, formas, pá, enxada e linha para locar a obra.

#### **Colchão de Areia**

Consiste no espalhamento de uma camada de areia grossa de 5cm sobre a base estabilizada. Sua principal função é permitir um adequado nivelamento do pavimento que será executado e distribuir uniformemente os esforços transmitidos à camada subjacente. Esta camada deverá ser uniformemente distribuída.

#### **Assentamento dos Bloquetes**

Loca-se o eixo da rua no trecho em que serão assentados os bloquetes. Coloca-se uma linha no sentido longitudinal e outra transversal formando-se um ângulo de 90°. Inicialmente serão fixados estacas ou ponteiros metálicos a cada 10,0 metros no ângulo de 45°, partindo do eixo da rua para as laterais, respeitando as larguras das ruas indicadas no projeto. No sentido do eixo para os bordos serão fixada estacas a cada 2,50 metros. Em seguida com auxilio de um giz, serão marcadas as cotas superiores da camada de pavimento. Deve-se considerar o abaulamento do piso intertravado em projeto. Normalmente este

abaulamento corresponde a uma parábola cuja flecha é de 1/50 da largura da pista. Não será considerado neste caso.

Serão colocadas linhas de referência fortemente distendidas. Após este procedimento inicia-se o assentamento dos bloquetes. Sobre a camada de areia os blocos serão assentados, devendo os funcionários golpear a face superior do bloco até atingir a cota da linha de nível. As juntas entre blocos devem ser realizadas com o polvilhar de areia e não deverão exceder a 1,5cm.

## 7.9 PROJETO DE DRENAGEM

O projeto de drenagem foi realizado em conjunto com os projetos de movimentação de terra e de pavimentação a fim de se evitar incompatibilidades entre os mesmos, levando-se em consideração as seguintes normas NBR:

- ABNT NBR 15645/2009: Execução de obras de esgoto sanitário e drenagem de águas pluviais utilizando-se tubos e aduelas de concreto;
- ABNT NBR 8890/2007-2008: Tubo de concreto de seção circular para águas pluviais e esgotos sanitários - Requisitos e métodos de ensaios;
- ABNT NBR 16085/2012: Poços de visita e poços de inspeção para sistemas enterrados — Requisitos e métodos de ensaio;
- ABNT NBR 12266: Projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água, esgoto e drenagem urbana.

Por se tratar de um terreno relativamente grande e totalmente nivelado, fez-se necessário a utilização de movimentação de terra de forma a se criar declividades que auxiliassem a água a escorrer para os dispositivos de drenagem que foram escolhidos, posicionados e devidamente dimensionados. Como pode ser visto no projeto apresentado nos Anexo-Desenho 06 e 07.

Para a área não pavimentada, onde estariam alocados os equipamentos de beneficiamento do material (britadores, peneiras, etc), foi previsto um

caimento em várias direções que direcionassem a água para canais retangulares devidamente protegidos por grelha na parte superior de entrada d'água. Estes canais estão devidamente conectados, desaguando num poço de visita próximo à entrada da usina.

Já para a região pavimentada foi previsto um sistema de drenagem por galerias circulares enterradas com a utilização de tubos de PVC e concreto. A água é coletada pelas bocas de lobo (cuja vazão máxima projetada é de 40 litros por segundo), conectadas aos poços de visita mais próximos, estes interligados e desaguando definitivamente no sistema de galerias público pré-existente.

Para o cálculo de todos os dispositivos foram utilizadas as seguintes informações:

A intensidade pluviométrica será calculada a partir da aplicação de equação 7-4, de chuvas intensas (**IDF**) para o município de Embu, cujos dados podem ser vistos abaixo.

$$i = \frac{a \cdot Tr^b}{(tc+c)^d} \quad (\text{Equação 7-4})$$

onde:

$i$  = intensidade pluviométrica em mm/h;

$Tr$  = Período de Retorno em anos. Adotamos o valor de 5 anos;

$a$ ,  $b$  ,  $c$  e  $d$  , valores dos coeficientes conforme apresentado na Tabela 7-14.

**Tabela 7-14 - Coeficientes a, b,c, d**

Dados de Embu	
a	1483
b	0,2
c	14,4
d	0,8

$t_c$  = tempo de concentração da precipitação em minutos, calculado a partir da fórmula de Kirpica demonstrada na Equação 7-5.

$$t_c = 10 + 57 \times \left( \frac{L^3}{\Delta H} \right)^{0,385} \quad (\text{Equação 7-5})$$

onde:

$L$ : comprimento total da bacia, medido ao longo do talvegue principal até o divisor de águas [km]

$\Delta H$ : diferença de nível entre o ponto mais a montante da bacia e seu exutório, em [m].

O cálculo da vazão de projeto será feito através do método racional simples devidamente exposto pela Equação 7-6.

$$Q = \left( \frac{0,001}{3600} \right) \times C \times i \times A \quad (\text{Equação 7-6})$$

Sendo:

$Q$ : vazão de projeto [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]

$i$ : intensidade média da chuva para uma duração  $t$  e um tempo de retorno  $T$  [mm/h]

$A$ : área da bacia hidrográfica [ $\text{m}^2$ ]

$C$ : coeficiente de escoamento (run-off/deflúvio), calculado como a média ponderada entre os coeficientes das áreas pavimentadas e áreas expostas/descobertas com solo à mostra e as áreas pavimentadas e expostas definidas, cujos valores são mostrados na Tabela 7-15.

**Tabela 7-15 - Coeficientes de Run-Off**

<b>C Pavimentado</b>	0,8
<b>C Descoberto</b>	0,5

Ainda devemos citar algumas considerações feitas no projeto, expostas abaixo:

- Coeficientes de Manning adotados: 0,013 para o concreto e 0,009 para o PVC;
- Velocidades admissíveis (tanto para galeria circular quanto para canais abertos):
  - Velocidade Mínima = 0,8 m/s;
  - Velocidade Máxima = 5,0 m/s;
- Relação de Enchimento (Y/D):
  - Galerias circulares  $\leq 0,85$ ;
  - Canaletas retangulares abertas  $\leq 0,80$ ;
- A profundidade mínima (h) admissível para a geratriz inferior interna do tubo é definida pela Equação 7-7.

$$h = \phi + 0,90 \quad (\text{Equação 7-7})$$

Onde:

$h$  = profundidade mínima admissível (m);

$\phi$  = diâmetro da tubulação (m).

Admitiu-se essa profundidade uma vez que os tubos tanto de PVC quanto de Concreto serão posicionados embaixo da região pavimentada, que embora não tenha tráfego intenso de caminhões, os que trafegarão na usina possuem um peso sobre eixos relativamente alto, possibilitando danos às tubulações caso estas sejam posicionadas com geratriz superior do tubo a menos de 90 centímetros do terreno pavimentado.

- Número de Froude para o canal retangular preferencialmente deverá ser menor do que 0,86. Este valor será calculado através da Equação 7-8.

$$F = \frac{Q^2 \times L}{S^3 \times g} \quad (\text{Equação 7-8})$$

Onde:

$Q$  = Vazão da Canaleta ( $\text{m}^3/\text{s}$ );

$L$  = Largura da Seção (m);

$S$  = Área da Seção molhada ( $\text{m}^2$ );

$g$  = Aceleração da gravidade, adotada igual a  $9,81 \text{ m/s}^2$ .

- Ao final das canaletas será adotado gradeamento para a remoção de sólidos grosseiros, com a adoção de grade grossa, cujo espaçamento está compreendido entre 4 e 10 centímetros, e de grade fina, cujo espaçamento é da ordem de 1 a 2 centímetros. As barras tem largura da ordem de 4 a 10 milímetros, com comprimento que poderá variar de 25 a 75 milímetros de acordo com projeto específico, com inclinação da ordem de  $45^\circ$  a  $60^\circ$  para a realização de limpeza manual facilitada.
- Também serão adotadas Caixas de Areia após o gradeamento fino a fim de se reter possíveis partículas que possam ter passado pelas grades. Um exemplo de caixa de areia para águas pluviais pode ser visto nas Figuras 7-18, 7-19 e 7-20.

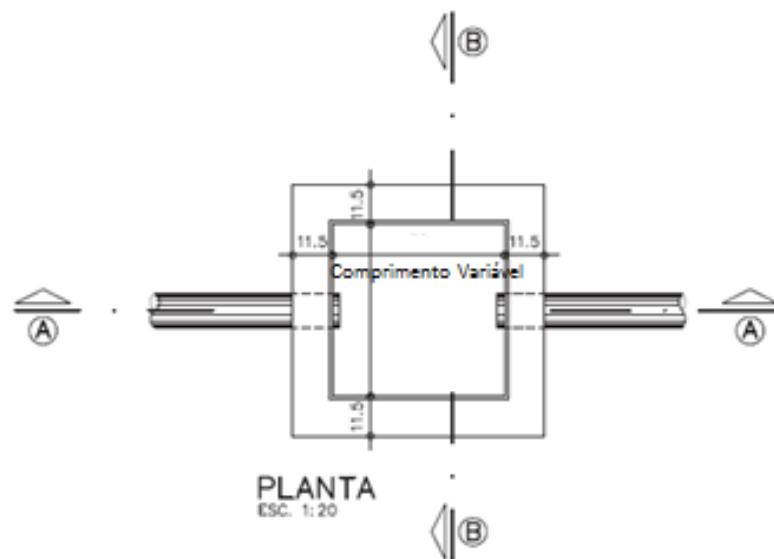


Figure 7-18 - Vista superior de uma caixa de areia tipo para águas fluviais

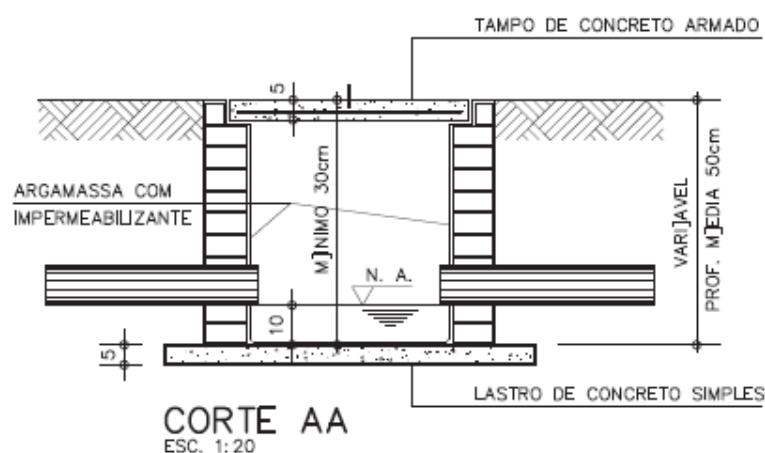


Figure 7-19 - Corte AA da vista superior

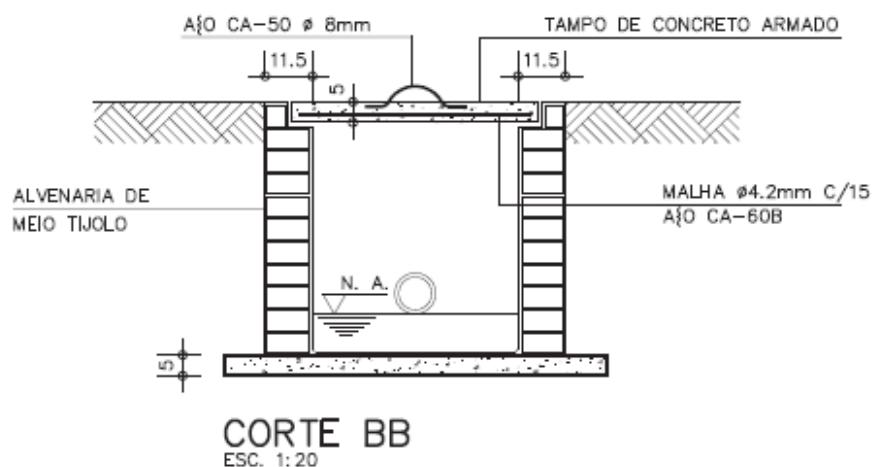


Figure 7-20 - Corte BB da vista superior

As áreas de influência adotadas podem ser vistas na Figura 7-21 e em seguida são exibidos os resultados do projeto de drenagem (memorial de cálculo) nas Tabelas 7-16, 7-17 e 7-18.

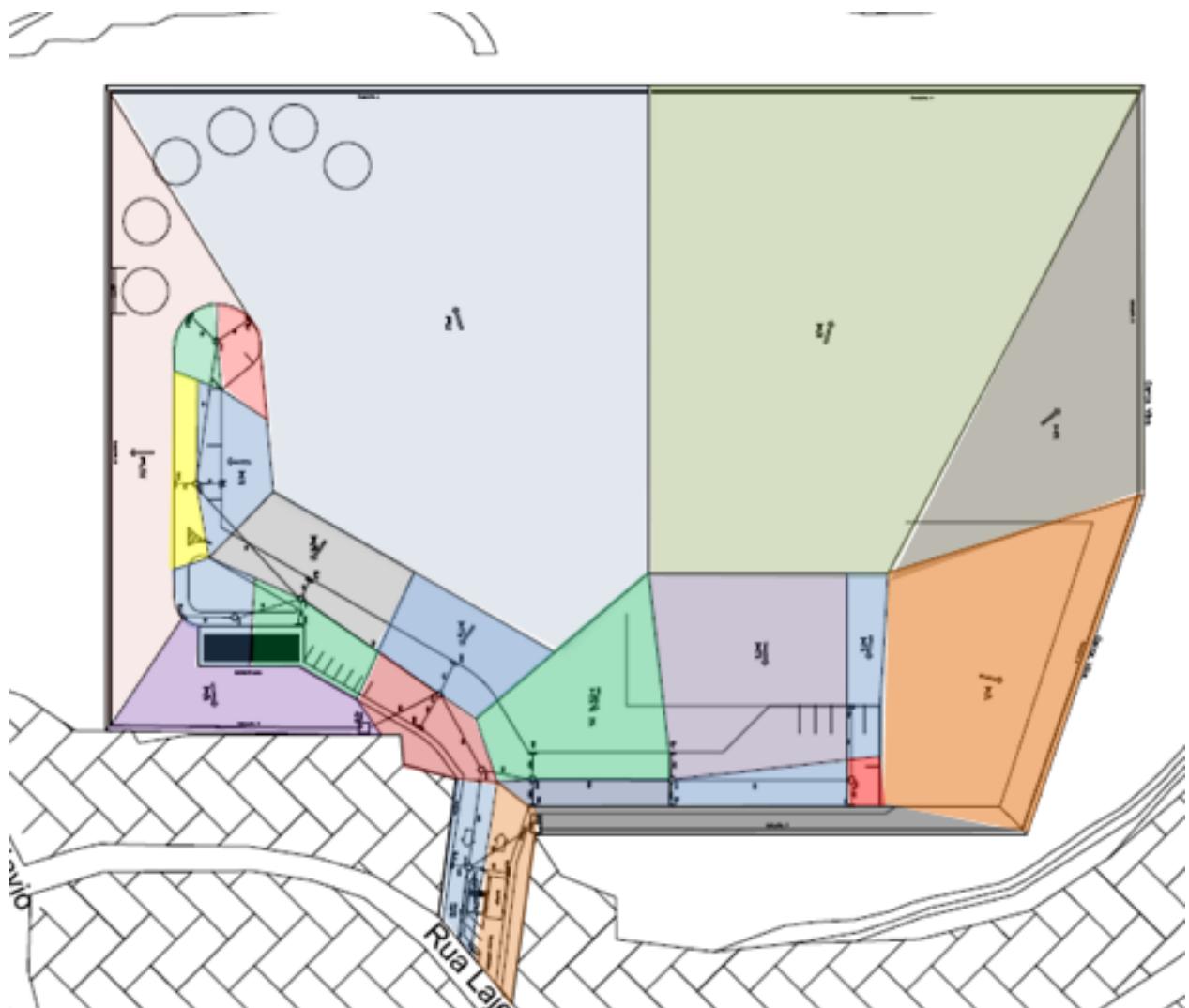


Figura 7-21 - Áreas de Influência da Usina de RCC

Tabela 7-16 - Memorial de cálculo para o projeto de drenagem

Canaleta	Comprimento da Canaleta(m)	C médio Canaleta(m)	Área Pavimentada (m <sup>2</sup> )	Área Descoberta (m <sup>2</sup> )	Área Total de influência (m <sup>2</sup> )	L (m)	ΔH (m)	tc (min)	i (mm/h)	Q chuva (m <sup>3</sup> /s)	altura máxima da canaleta (m)	largura canaleta (m)		
C1	116,37	0,5	0	9632,3	9932,3	128,13	1,28	14,83	137	0,190	0,5	0,5		
C2	137,67	0,5	0	1955,75	1955,75	29,31	0,29	11,55	151	0,231	0,9	0,5		
C3	53,9	0,5	0	789,96	789,96	22,05	0,22	11,25	153	0,248	1	0,5		
C4	105,55	0,5	0	8435,3	8435,3	108,20	1,08	14,24	140	0,164	0,6	0,5		
C5	87,53	0,5	0	2473,32	2473,32	81,84	0,82	13,42	143	0,213	0,8	0,5		
C6	76,92	0,5	0	2347,17	2347,17	47,23	0,47	12,24	148	0,261	1	0,5		
C7	104,3	0,5	0	898,92	898,92	28,00	0,28	11,50	151	0,280	1,3	0,5		
Canaleta	Pm (m)	Am (m)	Rh (m)	γ/D	n	I (%)								
C1	1,3	0,2	0,154	0,8	0,013	0,25%	0,29	0,221	1,23	735,00	734,79	734,50	0,23	
C2	1,94	0,36	0,186	0,8	0,013	0,25%	0,64	0,450	0,83	735,00	734,50	734,16	0,06	0,98
C3	2,1	0,4	0,190	0,8	0,013	0,25%	0,77	0,509	0,80	735,00	734,16	734,02	0,05	
C4	1,46	0,24	0,164	0,8	0,013	0,25%	0,26	0,277	1,02	735,00	734,66	734,40	0,10	
C5	1,78	0,32	0,180	0,8	0,013	0,25%	0,48	0,392	0,93	735,00	734,40	734,18	0,07	
C6	2,1	0,4	0,190	0,8	0,013	0,25%	0,68	0,509	0,88	735,00	734,18	733,99	0,05	
C7	2,58	0,52	0,202	0,8	0,013	0,25%	0,94	0,688	0,81	735,00	733,99	733,73	0,03	

Tabela 7-17 - Memorial de Cálculo do projeto de drenagem

Trecho	Comprimento da Tubulação(m)	c médio	Área Pavimentada (m <sup>2</sup> )	Área Descoberta (m <sup>2</sup> )	Área Total de influência (m <sup>2</sup> )	L (m)	ΔH (m)	tc (min)	i (mm/h)	Q chuva (m <sup>3</sup> /s)	Diâmetro da Tubulação (mm)	Material	Pm (m)	Am (m <sup>2</sup> )	Rh (m)
S1	7,47	0,70	120,16	63,8	183,96	20,16	0,40	10,89	154	0,005	100	PVC	0,198	0,0059	0,0296
S2	6,92	0,80	136,63	0	136,63	17,72	0,35	10,81	155	0,005	100	PVC	0,198	0,0059	0,0296
S3	29,8	-	-	-	-	-	-	-	-	0,010	100	PVC	0,198	0,0059	0,0296
S4	4,22	0,62	178,2	262,63	440,83	12,32	0,25	10,61	156	0,012	100	PVC	0,198	0,0059	0,0296
S5	3,47	0,80	222,06	0	222,06	23,06	0,46	10,99	154	0,008	100	PVC	0,198	0,0059	0,0296
S6	32,52	-	-	-	-	-	-	-	-	0,030	200	Concreto	0,396	0,0235	0,0592
S7	3,51	0,60	235,32	460,89	696,21	21	0,42	10,92	154	0,018	100	PVC	0,198	0,0059	0,0296
S8	10,2	0,80	312,61	0	312,61	17,8	0,36	10,81	155	0,011	100	PVC	0,198	0,0059	0,0296
S9	13,5	-	-	-	-	-	-	-	-	0,011	100	PVC	0,198	0,0059	0,0296
S10	4,7	0,80	386,18	0	386,18	20,9	0,42	10,92	154	0,013	100	PVC	0,198	0,0059	0,0296
S11	35,12	-	-	-	-	-	-	-	-	0,072	200	Concreto	0,396	0,0235	0,0592
S12	16,33	-	-	-	-	-	-	-	-	0,248	300	Concreto	0,595	0,0529	0,0889
S13	6,57	0,59	191,95	416,95	608,9	21	0,42	10,92	154	0,016	100	PVC	0,198	0,0059	0,0296
S14	7,32	0,56	89,86	343,5	433,36	19,75	0,40	10,88	154	0,010	100	PVC	0,198	0,0059	0,0296
S15	17,31	-	-	-	-	-	-	-	-	0,345	400	Concreto	0,793	0,0940	0,1185
S16	14,92	0,58	80,14	239,67	319,81	29,83	0,60	11,20	153	0,008	100	PVC	0,198	0,0059	0,0296
S17	4,59	0,80	78	0	78	13,12	0,26	10,64	156	0,003	100	PVC	0,198	0,0059	0,0296
S18	37,51	-	-	-	-	-	-	-	-	0,011	100	PVC	0,198	0,0059	0,0296
S19	4,87	0,56	369,44	1384,59	1754,03	54,76	1,10	11,92	150	0,041	150	PVC	0,297	0,0132	0,0444
S20	4,63	0,80	303,71	0	303,71	40,11	0,80	11,51	151	0,010	100	PVC	0,198	0,0059	0,0296
S21	28,81	-	-	-	-	-	-	-	-	0,062	300	Concreto	0,595	0,0529	0,0889
S22	4,75	0,58	309,8	854,46	1164,26	46,4	0,93	11,69	151	0,028	100	PVC	0,198	0,0059	0,0296
S23	4,75	0,80	197,9	0	197,9	30,16	0,60	11,21	153	0,007	100	PVC	0,198	0,0059	0,0296
S24	9,72	-	-	-	-	-	-	-	-	0,097	300	Concreto	0,595	0,0529	0,0889
S25	19,95	-	-	-	-	-	-	-	-	0,442	400	Concreto	0,793	0,0940	0,1185
S26	15,43	-	-	-	-	-	-	-	-	0,280	400	Concreto	0,793	0,0940	0,1185
S27	7,64	0,58	101,45	289,6	391,05	22,1	0,44	10,96	154	0,010	100	PVC	0,198	0,0059	0,0296
S28	2,65	0,80	289,71	0	289,71	20,34	0,41	10,90	154	0,010	100	PVC	0,198	0,0059	0,0296
S30	15,42	-	-	-	-	-	-	-	-	0,741	500	Concreto	0,991	0,1468	0,1481

Tabela 7-18 - Memorial de Cálculo para o projeto de drenagem

Trecho	y/D	n	I (%)	Altura da queda (m)	Q admissível (m <sup>3</sup> /s)	V (m/s)	Altura da queda (m)	Q ad>Q chuva?	Boca de lobo?	Quantas bocas de lobo?	Cota do Terreno (m)	Cota da geratriz inferior inicial (m)	Cota da geratriz inferior final (m)	profundidade geratriz superior(m)	Trecho até o PvN
S1	0,7	0,009	0,50%	0,037	0,044	0,935	0,037	ok	Sim	1	735,50	734,50	734,46	0,90	4
S2	0,7	0,009	0,50%	0,035	0,044	0,800	0,035	ok	Sim	1	735,50	734,50	734,47	0,90	4
S3	0,7	0,009	0,50%	0,149	0,044	1,735	0,149	ok	Não	-	735,65	734,46	734,31	1,09	5
S4	0,7	0,009	0,50%	0,021	0,044	2,018	0,021	ok	Sim	1	735,55	734,55	734,53	0,90	5
S5	0,7	0,009	0,50%	0,017	0,044	1,293	0,017	ok	Sim	1	735,55	734,55	734,53	0,90	5
S6	0,7	0,013	0,50%	0,163	0,194	1,262	0,163	ok	Não	-	735,65	734,53	734,37	0,92	7
S7	0,7	0,009	0,50%	0,018	0,044	3,055	0,018	ok	Sim	1	735,50	734,50	734,48	0,90	7
S8	0,7	0,009	0,50%	0,051	0,044	1,831	0,051	ok	Sim	1	735,50	734,50	734,45	0,90	6
S9	0,7	0,009	0,50%	0,068	0,044	1,831	0,068	ok	Não	-	735,58	734,45	734,38	1,03	7
S10	0,7	0,009	0,50%	0,024	0,044	2,254	0,024	ok	Sim	1	735,50	734,50	734,48	0,90	7
S11	0,7	0,013	0,50%	0,176	0,194	3,047	0,176	ok	Não	-	735,65	734,37	734,19	1,08	8
S12	0,7	0,013	0,50%	0,082	0,072	4,683	0,082	ok	Não	-	735,00	734,02	733,94	1,08	8
S13	0,7	0,009	0,50%	0,033	0,044	2,641	0,033	ok	Sim	1	735,40	734,40	734,37	0,90	8
S14	0,7	0,009	0,50%	0,037	0,044	1,780	0,037	ok	Sim	1	735,40	734,40	734,36	0,90	8
S15	0,7	0,013	0,50%	0,087	1,233	3,672	0,087	ok	Não	-	735,45	733,94	733,85	1,11	9
S16	0,7	0,009	0,50%	0,075	0,044	1,330	0,075	ok	Sim	1	735,72	734,72	734,65	0,90	1
S17	0,7	0,009	0,50%	0,023	0,044	0,459	0,023	ok	Sim	1	735,72	734,72	734,70	0,90	1
S18	0,7	0,009	0,50%	0,188	0,044	1,789	0,188	ok	Não	-	735,72	734,65	734,46	0,97	2
S19	0,7	0,009	1,00%	0,049	0,184	3,105	0,049	ok	Sim	2	735,53	734,48	734,43	0,90	2
S20	0,7	0,009	0,50%	0,023	0,044	1,740	0,023	ok	Sim	1	735,53	734,53	734,51	0,90	2
S21	0,7	0,013	0,50%	0,144	0,572	1,168	0,144	ok	Não	-	735,63	734,43	734,29	0,90	3
S22	0,7	0,009	0,50%	0,024	0,044	4,808	0,024	ok	Sim	1	735,40	734,40	734,38	0,90	3
S23	0,7	0,009	0,50%	0,024	0,044	1,144	0,024	ok	Sim	1	735,40	734,40	734,38	0,90	3
S24	0,7	0,013	0,50%	0,049	0,572	1,830	0,049	ok	Não	-	735,47	734,27	734,22	0,90	9
S25	0,7	0,013	0,50%	0,100	1,233	4,701	0,100	ok	Não	-	735,35	733,85	733,75	1,10	10
S26	0,7	0,013	0,50%	0,077	0,077	2,981	0,077	ok	Não	-	735,00	733,73	733,65	0,92	10
S27	0,7	0,009	0,50%	0,038	0,044	1,647	0,038	ok	Sim	1	735,05	734,05	734,01	0,90	10
S28	0,7	0,009	0,50%	0,013	0,044	1,652	0,013	ok	Sim	1	735,05	734,05	734,04	0,90	10
S29	0,7	0,013	0,50%	0,077	2,235	5,050	0,077	ok	Não	-	735,15	733,65	733,57	1,00	rua

### 7.9.1 MÉTODO CONSTRUTIVO DE DRENAGEM

O sistema de drenagem será construído em conjunto com a movimentação de terra, sendo iniciado antes do início das atividades de limpeza do terreno uma vez que todas as galerias circulares, tanto de PVC quanto de Concreto, encontram-se em cotas abaixo de 735 metros, facilitando-se assim sua execução sem a necessidade de retirar solo que será colocado com as atividades de movimentação do solo.

Para ser realizada a abertura das valas, deve-se primeiramente ser feita a verificação de interferências. Quanto à escavação, deve-se ser realizada segundo a linha de eixo, sendo respeitados o alinhamento e as cotas indicadas no projeto. A profundidade da vala deverá atender ao projeto e permitir o lançamento da camada do material de berço. A camada de berço consiste no lançamento de areia onde será feito o assentamento das tubulações. A tolerância máxima da profundidade das valas em relação ao greide de projeto é de +2cm. Não se admite variações para menos. Caso seja encontrado solo diferente do apresentado em projeto, em caso de solos de elevada compressibilidade, por exemplo, deve-se solicitar a sobre-escavação da vala para substituição deste material.

A largura mínima da vala para instalação das tubulações de até 2m de profundidade deve seguir a seguinte fórmula:

$$Lmín \geq De + 0,80m$$

Sendo:

$Lmín$  = largura mínima

$De$  = Diâmetro externo

Para profundidades de valas maiores que 2m, deve-se acrescentar 0,1m na  $Lmín$  para cada metro que exceder a 2,0m. As cavas para os poços de

visita, caixas ou outras estruturas deverão ter uma dimensão interna livre (pé do talude à face externa da alvenaria ou da forma), de no mínimo 0,60 m de largura. As especificações foram retiradas das normas ABNT NBR-9061 e ABNT NBR-12266. A Figura 7-22 demonstra o corte de uma vala tipo:

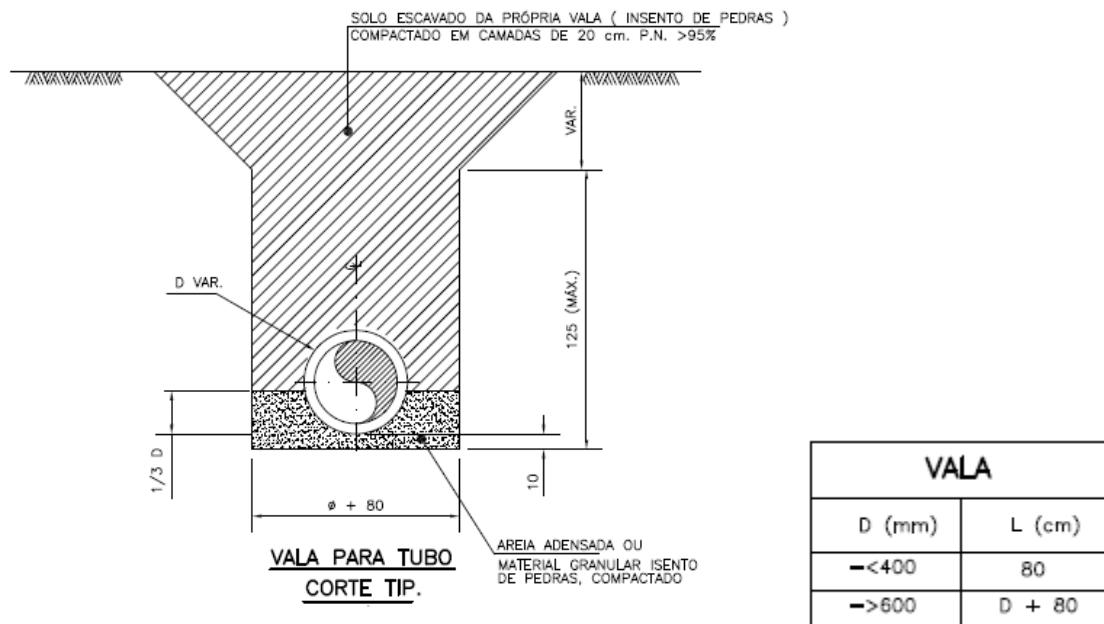


Figura 7-22 - Corte representativo de uma escavação de uma vala tipo

As bocas de lobo, como citado anteriormente, foram projetadas para uma vazão de 40 litros por segundo, sendo necessária a utilização de uma boca de lobo em todos os pontos calculados nas tabelas já expostas, com exceção do trecho S19, que necessita de duas bocas de lobo justapostas. A boca de lobo será executada conforme as Figuras 7-23, 7-24 e 7-25.

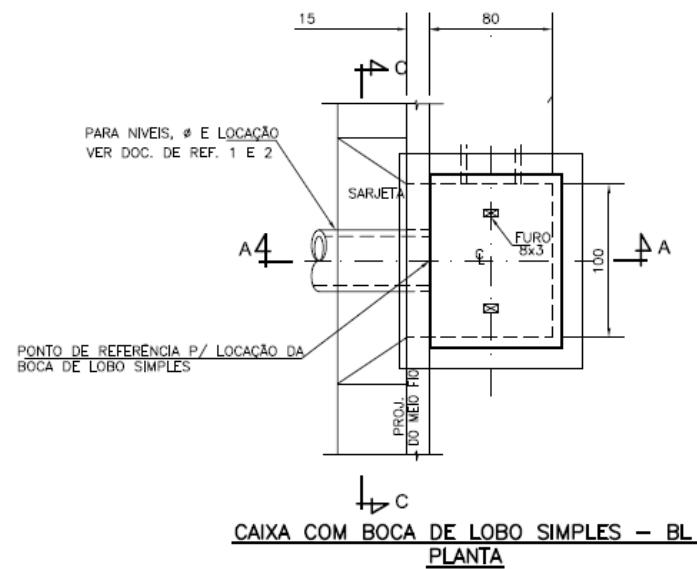


Figura 7-23 - Planta de uma caixa com boca de lobo simples

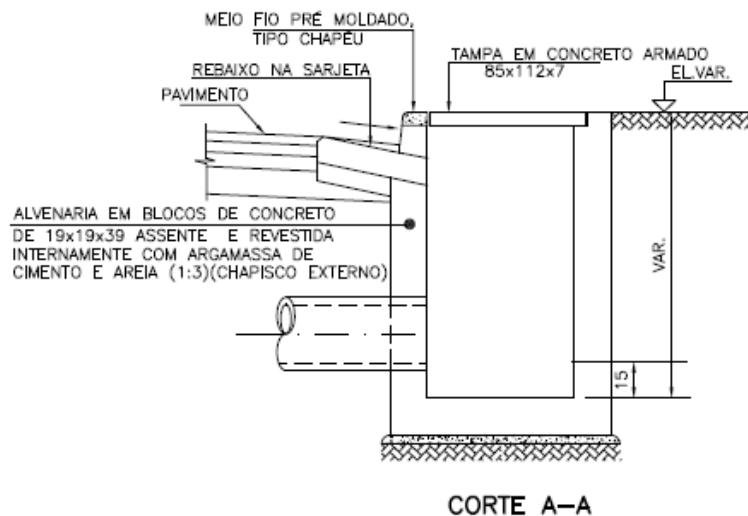


Figura 7-24 - corte de um caixa com boca de lobo simples

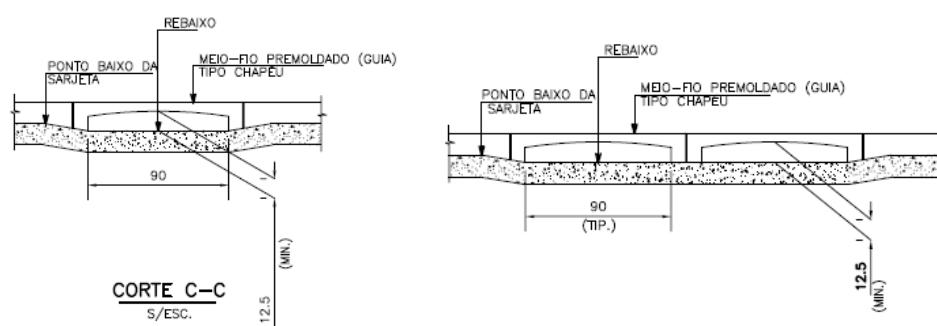
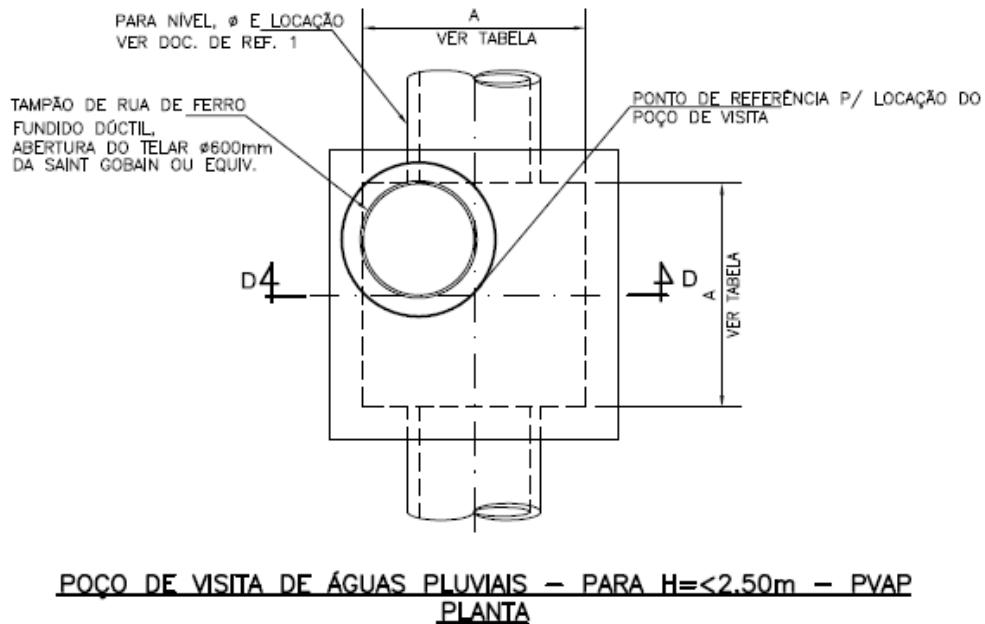
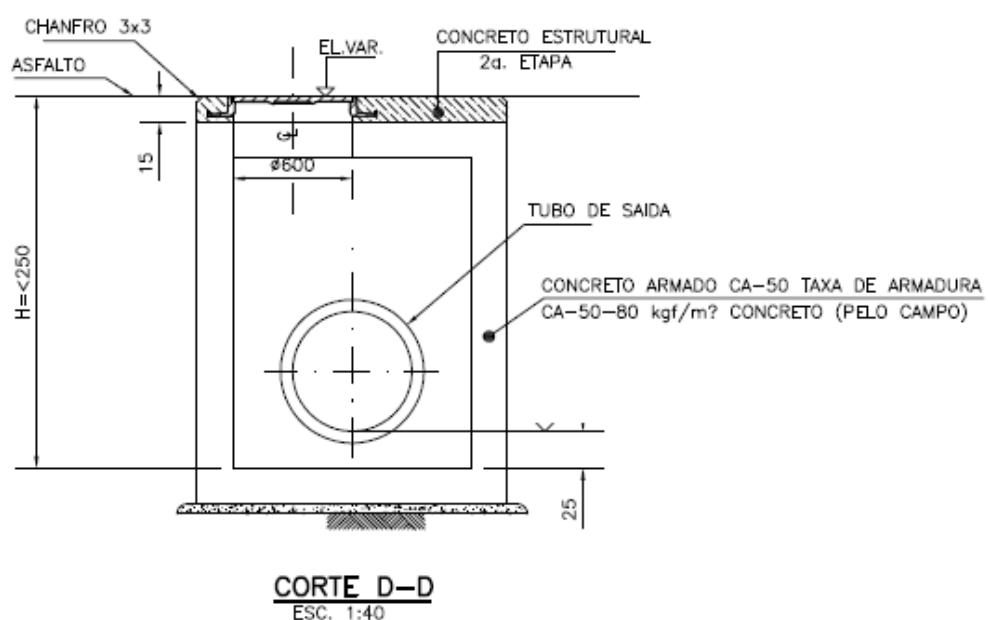


Figura 7-25 - Cortes representativo da entrada da boca de lobo

Os poços de visita, por se tratarem de poços com alturas menores do que 3 metros, poderão ser construídos em alvenaria convencional, utilizando-se tampo de ferro. As Figuras 7-26 e 7-27 e a Tabela 7-19 mostram um exemplo de PV que pode ser utilizado na usina.



**Figura 7-26 – Vista superior do poço de visita de águas pluviais que será executado**



**Figura 7-27 – Corte DD do poço de visita de águas pluviais que será executado**

**Tabela 7-19 – Exemplos de dimensões de caixa de inspeção**

CAIXA DE INSPEÇÃO	
Ø TUBO DE SAÍDA	A (cm)
ATÉ 600m	120
800mm	140
1000mm	180
1200mm	200
1500mm	240

## 7.10 PROJETO DE FUNDAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS

Os equipamentos que serão adquiridos necessitarão de apoio sobre o solo. Dessa forma, faz-se necessária a escolha de um tipo de fundação que se adeque aos mesmos. A fundação escolhida foi o Radier, suficiente para atender as cargas peso dos equipamentos. O cálculo do mesmo se dará seguindo as normas ABNT NBR 6118/2007: Projetos de estruturas de concreto armado e ABNT NBR 6122/2010: Projeto e execução de fundações.

O solo apresentado anteriormente no tópico de Estudo Geotécnico do terreno, no qual consta um perfil aproximado do solo com os parâmetros do mesmo em função da resistência, será adotado neste capítulo para que se possa obter o valor da tensão admissível do mesmo para o cálculo dos radiers. O perfil do solo apresenta aumento do SPT em função da profundidade, com ausência de camadas de solo menos resistentes no subsolo, o que permite a adoção de valores de SPT de camadas superiores para o cálculo da tensão admissível do solo.

O cálculo da tensão admissível seguirá a seguinte formulação (sendo posteriormente comparada com valores de tensão básica existentes na norma NBR 6122):

$$\sigma_{Adm} = 0,02 \times N_{Médio} \quad (\text{Equação 7-9})$$

Onde:

$\sigma_{Adm}$  é a tensão admissível do solo em Mpa;

$N_{Médio}$  é o valor médio do SPT da camada na qual a fundação será construída, no caso do projeto adotaremos os valores da camada -1m exibida na Figura 7-10 do tópico de estudo geotécnico. Essa adoção é válida uma vez que o SPT das camadas abaixo cresce, o que torna a tensão admissível maior.

Portanto:

$$N_{Médio} = \frac{5 + 14 + 25}{3} = 14,67$$

$$\sigma_{Adm} = 0,02 \times 14,67 = 0,293 \text{ MPa}$$

Como se pode observar da Tabela 7-20, o valor obtido está compreendido entre valores de Solos pedregulhosos fofos e areias medianamente compacta, o que é aceitável a partir do postulado anteriormente pela Figura 7-9 que mostra o perfil geológico do solo na parte de estudos geotécnicos.

**Tabela 7-20 - Tensões Básicas. Fonte: ABNT NBR 6122**

Classe	Descrição	Valores (MPa)
1	Rocha sã, maciça, sem laminação ou sinal de decomposição	3,0
2	Rochas laminadas, com pequenas fissuras, estratificadas	1,5
3	Rochas alteradas ou em decomposição	ver nota c)
4	Solos granulares concrecionados - conglomerados	1,0
5	Solos pedregulhosos compactos a muito compactos	0,6
6	Solos pedregulhosos fofos	0,3
7	Areias muito compactas	0,5
8	Areias compactas	0,4
9	Areias medianamente compactas	0,2
10	Argilas duras	0,3
11	Argilas rijas	0,2
12	Argilas médias	0,1
13	Siltos duros (muito compactos)	0,3
14	Siltos rijos (compactos)	0,2
15	Siltos médios (medianamente compactos)	0,1

De acordo com os equipamentos que foram adotados para a implantação da usina, foi feito o levantamento dos pesos de cada componente que será disposto sobre o radier. Os dados adotados de peso e área mínima foram retirados do site da Maqbrit. A área adotada foi de 30% a mais que a mínima como coeficiente de segurança. Os dados podem ser observados na Tabela 7-21 abaixo, junto da carga sobre o solo.

**Tabela 7-21 - Dados dos equipamentos e dimensões adotadas. Fonte: Maqbrit**

Equipamento	Peso (kg)	L (m)	B (m)	Área necessária (m <sup>2</sup> )	Área de Cálculo (m <sup>2</sup> )	Carga sobre o solo (kN/m <sup>2</sup> )	Dimensões Adotadas	
							L (m)	B (m)
Alimentador Vibratório com moega	4500	2,03	4,8	9,74	13	3,40	2,6	5
Britador	8500	2,6	2	5,20	7	11,91	3	3
Calha de impacto	900	1,5	1,4	2,10	3	2,94	2	1,5
Transportador de catação	-	-	-	-	-	-	-	-
Extrator de metal	-	-	-	-	-	-	-	-
Transportador móvel de transferência	-	-	-	-	-	-	-	-
Peneira classificadora vibratória	5000	5,44	2,53	13,76	18	2,73	6	3
Transportador de retorno	-	-	-	-	-	-	-	-
Transportador de produto britado	-	-	-	-	-	-	-	-
Transportador de material de limpeza	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total =</b>	<b>18900</b>							

Os transportadores e o extrator de metal tiveram seus valores de peso ocultados do cálculo uma vez que são muito inferiores aos dos outros equipamentos e não estarão posicionados sobre radiers, podendo colocá-los diretamente sobre o solo com a utilização de blocos de fundação simples. Ainda deve-se levar em consideração que o fabricante recomenda uma área de aproximadamente de 2500 a 3000 m<sup>2</sup> para a instalação dos equipamentos, de forma a se fazer correto uso do mesmo.

Podemos perceber da avaliação da tensão admissível e dos valores de carga sobre o solo que estas estão muito longe da tensão admissível, o que não causaria nenhum problema no dimensionamento do radier.

O cálculo do radier será executado pela NBR 6118 como uma laje lisa para cada um dos equipamentos separadamente. Os valores adotados para o cálculo são Concreto estrutural C20 ( $f_{ck} = 20$  MPa), Aço CA-50 ( $f_{yk} = 500$  kgf/cm<sup>2</sup>) e classe de agressividade CII - cobrimento de 3 cm.

O cálculo seguirá a seguinte metodologia: A altura da laje é estimada inicialmente em 10 centímetros e utiliza-se a combinação de carga demonstrada na Equação 7-10:

$$CC = 1,5 \times PP + 1,35 \times SC \quad (\text{Equação 7-10})$$

Onde:

CC é a combinação de carga em kN/m<sup>2</sup>;

PP é o peso próprio da laje (concreto com 25 kN/m<sup>3</sup>) em kN/m<sup>2</sup>;

SC é a sobrecarga atuante na laje (equipamento) em kN/m<sup>2</sup>;

Com esses dados podemos calcular os momentos atuantes nas duas direções da cada laje através das tabelas de Czerny, Tabela 7-22. Foram adotadas lajes com as 4 bordas livremente apoiadas.

Tabela 7-22 - Tabela Tipo 1 - Lajes com as 4 bordas livremente apoiadas

$\ell_y/\ell_x$	$\alpha_x$	$\alpha_y$	$\beta_x$	$\beta_y$	$\alpha_z$
1,00	22,7	22,7			21,4
1,05	20,8	22,5			19,4
1,10	19,3	22,3			17,8
1,15	18,1	22,3			16,5
1,20	16,9	22,3			15,4
1,25	15,9	22,4			14,3
1,30	15,2	22,7			13,6
1,35	14,4	22,9			12,9
1,40	13,8	23,1			12,3
1,45	13,2	23,3			11,7
1,50	12,7	23,5			11,2
1,55	12,3	23,5			10,8
1,60	11,9	23,5			10,4
1,65	11,5	23,5			10,1
1,70	11,2	23,5			9,8
1,75	10,8	23,5			9,5
1,80	10,7	23,5			9,3
1,85	10,4	23,5			9,1
1,90	10,2	23,5			8,9
1,95	10,1	23,5			8,7
2,00	9,9	23,5			8,6
>2	8,0	23,5			6,7

$$m_x = \frac{p\ell_x^2}{\alpha_x}$$

$$m_y = \frac{p\ell_y^2}{\alpha_y}$$

$$w_{max} = \frac{p\ell_x^4}{Eh^3\alpha_z}$$

$$v = 0,2$$

Beton-Kalender (1976)

Como se pode observar da Tabela 7-22, os momentos (kN.m/m) são calculados com a Equação 7-11.

$$m_x = \frac{p\ell_x^2}{\alpha_x} \quad e \quad m_y = \frac{p\ell_y^2}{\alpha_y} \quad (\text{Equação 7-11})$$

A distância  $d$  em metros e a linha neutra  $x$ , também em metros, podem ser calculadas conforme as Equações 7-12 e 7-13:

$$d = \text{altura da laje} - \text{cobrimento} - 1\text{cm} \quad (\text{Equação 7-12})$$

$$x = 1,25 \times d \times \left(1 - \sqrt{\left(1 - \frac{1,4 \times (\text{momento fletor})}{0,425 \times b \times d^2 \times \frac{f_{ck} \times 1000}{1,4}}\right)}\right) \quad (\text{Equação 7-13})$$

Sendo:

- b igual a 1 metro na fórmula acima;
- $x/d \leq 0,5$ ;

Com os valores apresentados, calcularam-se as áreas de armadura necessária (em  $\text{cm}^2$ ) em cada direção, além das taxas de armaduras, em % e com  $\rho_{min} = 0,15\%$ , de cada direção conforme Equações 7-14 e 7-15.

$$A_s = \frac{1,4 \times (\text{momento fletor})}{(d - 0,4 \times x) \times \frac{50}{1,15}} \quad (\text{Equação 7-14})$$

$$\rho = \frac{A_s}{h \times b} \quad (\text{Equação 7-15})$$

Deve-se atentar para o fato de que o cálculo das lajes ocorre por metro, ou seja, o b da fórmula acima deve ser considerado 100 centímetros. Também se atenta ao espaçamento mínimo entre barras segundo a Equação 7-16 e a Equação 7-17.

$$S \leq \begin{cases} 2h \\ 20 \text{ cm} \end{cases} \quad (\text{Equação 7-16})$$

$$8 \text{ cm} \leq S \leq 20 \text{ cm} \quad (\text{Equação 7-17})$$

Para obter os resultados, após realizar os cálculos, caso algum deles não fosse aceitável, o procedimento é refeito aumentando-se a altura da laje inicial.

Obtive-se, portanto, os resultados apresentados na Tabela 7-23 para cada um dos radiers dimensionados, todos com armadura nas duas direções.

Tabela 7-23 - Resultado dos cálculos dos Radiers

Equipamento	Carga do equipamento (kN/m <sup>2</sup> )	L (m)	B (m)	Área de Cálculo Final (m <sup>2</sup> )	Iy/Ix	αx	αy	h laje (m)	Carga (kN/m <sup>2</sup> )	mx (kN.m/m)	my (kN.m/m)
Alimentador Vibratório com moega	3,40	2,6	5	13	1,92	10,1	23,5	0,1	8,33	5,58	8,87
Britador	11,91	3	3	9	1,00	22,7	22,7	0,1	19,83	7,86	7,86
Calha de impacto	2,94	2	1,5	3	1,33	14,4	22,9	0,1	7,72	1,21	1,35
Peneira classificadora vibratória	2,73	6	3	18	2,00	9,9	23,5	0,11	7,80	7,09	11,95
Equipamento	d (m)	x (m)	x/d	Asy (cm <sup>2</sup> )	ρy (%)	Barras e Espaçamento em Y	Asx (cm <sup>2</sup> )	ρx (%)	Barras e Espaçamento em X		
Alimentador Vibratório com moega	0,06	0,026	0,428	5,74	0,57%	Barras de 10,00 mm a cada 12 cm	3,61	0,36%	Barras de 10,00 mm a cada 20 cm		
Britador	0,06	0,022	0,369	4,95	0,49%	Barras de 10,00 mm a cada 16 cm	4,95	0,49%	Barras de 10,00 mm a cada 16 cm		
Calha de impacto	0,06	0,003	0,055	0,74	0,07%	Armadura Mínima	0,66	0,07%	Armadura Mínima		
Peneira classificadora vibratória	0,07	0,030	0,423	6,62	0,60%	Barras de 10,00 mm a cada 10 cm	3,93	0,36%	Barras de 8,00 mm a cada 12 cm		

## 7.11 PROJETO ELÉTRICO E ILUMINAÇÃO

### 7.11.1 POTÊNCIA ELÉTRICA INSTALADA DA USINA

Foi utilizada para o projeto, a metodologia da Cia Energética do Ceará COELCE (NT 002/2011) para os cálculos de demanda, como demonstrado na Equação 7-18.

$$D = \left( \frac{0,77}{Fp} a + 0,7b + 0,95c + 0,59d + 1,2e + F + G \right) \text{ kVA}$$

(Equação 7-18)

**D** - demanda total da instalação, em kVA;

**a** - demanda das potências, em kW, para iluminação e tomadas de uso geral (ventiladores, máquinas

de calcular, televisão, som, etc.) calculada conforme Tabela 05;

**Fp** - fator de potência da instalação de iluminação e tomadas. Seu valor é determinado em função do

tipo de iluminação e reatores utilizados;

**b** - demanda de todos os aparelhos de aquecimento, em kVA (chuveiro, aquecedores, fornos, fogões, etc.), calculada conforme Tabela 06;

- c** - demanda de todos os aparelhos de ar condicionado, em kW, calculada conforme Tabela 07;
- d** - potência nominal, em kW, das bombas d'água do sistema de serviço da instalação (não considerar bomba de reserva);
- e** - demanda de todos os elevadores, em kW, calculada conforme Tabela 08.

O valor de **F** deve ser determinado pela expressão demonstrada na equação 7-19.

$$F = \sum (0,87 P_{nm} \times F_u \times F_s)$$

(Equação 7-19)

- P<sub>nm</sub>** - potência nominal dos motores em cv utilizados em processo industrial;
- F<sub>u</sub>** - fator de utilização dos motores, fornecido na Tabela 09;
- F<sub>s</sub>** - fator de simultaneidade dos motores, fornecidos na Tabela 10;
- G** - outras cargas não relacionadas em kVA.

### 7.11.2 ILUMINAÇÃO INTERNA E TOMADAS

Segundo a NBR 5410 (ABNT, 2004), é necessário um ponto de luz de 100 VA a cada 6 m<sup>2</sup>, somados a 60 VA a cada 4 m<sup>2</sup> inteiros. As tomadas gerais de 100 VA devem ser alocadas a cada 3,5 metros em cozinhas, copas e lugares análogos e a cada 5 metros em salas e dormitórios, sendo que faz-se necessário pelo menos uma tomada em banheiros e varandas. Tomadas especiais de 600 VA serão colocadas uma em cada ambiente. As demandas de iluminação e tomadas estão demonstradas na Tabela 7-24.

**Tabela 7-24 – Demanda de Iluminação e Tomadas**

Iluminação e Tomadas						
Fp = 0,88						
Local	Área (m <sup>2</sup> )	Perímetro (m)	Pontos de Luz	Tomadas Gerais	Tomadas Especiais	Potência Geral (W)
<b>Vestiário Feminino</b>	<b>14,11</b>	<b>15,1</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>1220</b>
<b>Vestiário Masculino</b>	<b>14,11</b>	<b>15,1</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>1220</b>
<b>Sala de Convenções</b>	<b>38,57</b>	<b>25</b>	<b>9</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>1880</b>
<b>Escritório 1</b>	<b>14</b>	<b>16,5</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>1220</b>
<b>Escritório 2</b>	<b>9,276</b>	<b>12,21</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>1000</b>
<b>Escritório 3</b>	<b>9,276</b>	<b>12,21</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>1000</b>
<b>Áreas Comuns</b>	<b>6</b>	<b>14</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>1100</b>
<b>Guarita</b>	<b>18,56</b>	<b>17,4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>1280</b>
<b>Banheiro Guarita</b>	<b>3,51</b>	<b>7,5</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>900</b>
<b>Cozinha</b>	<b>23,3</b>	<b>20,6</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>1440</b>
<b>Iluminação Externa</b>	-	-	<b>16</b>	-	-	<b>1856</b>
						<b>Total (a em kW) = 14,12</b>

Observação: Para a Iluminação externa foram utilizadas lâmpadas com 100 W de potência, com perda de 16 W (totalizando 116 W por lâmpada). O fator de demanda foi obtido como demonstrado na Tabela 7-25.

**Tabela 7-25 - Fator de demanda para iluminação e tomadas**

Descrição	Fator de Demanda (%)
Auditórios, salões para exposições e semelhantes	100
Bancos, lojas e semelhantes	100
Clubes e semelhantes	100
Escolas e semelhantes	100 para os primeiros 12 kW 50 para o que exceder de 12 kW
Escritórios ( edifícios de )	100 para os primeiros 20 kW 70 para o que exceder de 20 kW
Garagens comerciais e semelhantes	100
Hospitais e semelhantes	40 para os primeiros 50 kW 20 para o que exceder de 50 kW
Hotéis e semelhantes	50 para os primeiros 20 kW 40 para os seguintes 80 kW 30 para o que exceder de 100 kW
Residências (apartamentos residenciais)	70 para os primeiros 5 kW 35 para os seguintes 5 kW 24 para o que exceder de 10 kW
Restaurantes e semelhantes	100
Indústrias em geral	100

NOTA: As tomadas citadas acima não se referem à tomada de força

### 7.11.3 APARELHOS DE AQUECIMENTO

Para os aparelhos de aquecimento, foram adotados 3 chuveiros (2 na sede administrativa e um na guarita), um microondas e um fogão elétrico para serem utilizados na Copa, demonstrados os cálculos na Tabela 7-26. O fator de demanda foi obtido na Figura 7-27.

**Tabela 7-26 - Demanda de aparelhos de aquecimento**

Aparelhos de Aquecimento		
Aparelho	Número de aparelhos	Potência Total (W)
Chuveiro	3	7000
Microondas	1	750
Fogão	1	1500
<b>Total de Aparelhos</b>	<b>5</b>	
<b>Fator de Demanda (%)</b>		<b>66%</b>
<b>Total (Fd x b em kW) =</b>		<b>6,11</b>

**Tabela 7-27 - Fator de demanda de aparelhos de aquecimento**

Número de aparelhos	Fator de Demanda %	
	Potência individual até 3,5 kW	Potência individual acima de 3,5 kW
1	80	80
2	75	65
3	70	55
4	66	50
5	62	45
6	59	43
7	56	40
8	53	38
9	51	35
10	49	34
11	47	32
12	45	32
13	43	32
14	41	32
15	40	32
16	39	28
17	38	28
18	37	28
19	36	28
20	35	28
21	34	26
22	33	26
23	32	26
24	31	26
25	30	26
26 a 30	30	24
31 a 40	30	22
41 a 50	30	20
51 a 60	30	18
61 a mais	30	16

#### 7.11.4 APARELHOS DE AR CONDICIONADO

Para os aparelhos de Ar condicionado adotou-se a utilização de 5 aparelhos (3 para os escritórios, 1 para a sala de convenções e 1 para a guarita), todos de 7000 BTUS com potência média de 900 Watts, retirados da Tabela 7-28. O fator de demanda encontra-se na Tabela 7-29.

**Tabela 7-28 - Demanda de aparelhos de ar condicionado**

Aparelhos de Ar condicionado	
Número de Aparelhos	Potência Média (W)
5	900
<b>Fator de Demanda (%)</b>	<b>100%</b>
<b>Total (Fd x c em kW)</b>	<b>4,5</b>

**Tabela 7-29 - Fator de demanda para condicionadores de Ar**

Número de Aparelhos	Fator de Demanda (%)
1 a 10	100
11 a 20	86
21 a 30	80
31 a 40	78
41 a 50	75
51 a 75	70
76 a 100	65
Acima de 100	60

#### 7.11.5 BOMBAS D'ÁGUA

Para a elaboração do projeto elétrico não contabilizamos a utilização de bombas d'água uma vez que a pressão da rede de água será suficiente para alimentar as caixas d'água da guarita e da administração, bem como os equipamentos antipó dos britadores.

### 7.11.6 EQUIPAMENTOS DA USINA

Adotou-se a utilização de 1 equipamento de 30 toneladas por hora e 1 de 100 toneladas por hora para final de plano, cujas potências abaixo foram obtidas pelo fornecedor em HP e convertidas para CV utilizando-se o seguinte fator de conversão: 1 HP = 1,01 CV. Assim, tem-se a demanda exposta na Tabela 7-30.

**Tabela 7-30 - Demanda energética dos equipamentos**

Equipamento	Potência dos Motores (CV)	Quantidade	Fu	Fs	0,87xFuxFsxFnm (CV)
<b>Nortec 4230</b>	100	1	0,9	0,9	70,47
<b>Nortec BP 1010</b>	330	1	0,9	0,9	232,55
				$F = \sum (\text{kW}) =$	223,02

Os fatores de utilização e de simultaneidade foram obtidos nas Tabelas 7-31 e 7-32 respectivamente.

**Tabela 7-31- Fator de Utilização (Fu)**

Aparelhos	FU
Fornos a resistência, secadores, caldeiras	1
Fornos de indução	1
Motores de 3/4 - 2,5 cv	0,7
Motores de 3 - 15 cv	0,8
Motores de 20 - 40 cv	0,9
Acima de 40 cv	0,9
Soldadores	1
Retificadores	1

**Tabela 7-32 - Fator de Simultaneidade (Fs)**

Aparelhos	Número de Aparelhos							
	2	4	5	8	10	15	20	50
Motores: 3/4 - 2,5 cv	0,85	0,8	0,75	0,7	0,6	0,55	0,5	0,4
Motores: 3 - 15 cv	0,85	0,8	0,75	0,75	0,7	0,65	0,55	0,45
Motores: 20 - 40 cv	0,8	0,8	0,8	0,75	0,65	0,6	0,6	0,5
Acima de 40 cv	0,9	0,8	0,7	0,7	0,65	0,65	0,65	0,6
Retificadores	0,9	0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,7	0,7
Soldadores	0,45	0,45	0,45	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3
Fornos resistivos	1	1	-	-	-	-	-	-
Fornos de indução	1	1	-	-	-	-	-	-

### 7.11.7 DEMANDA TOTAL

Do exposto anteriormente, a demanda total da usina para correto funcionamento em final de plano está exposta na Tabela 7-33.

**Tabela 7-33 - Demanda total da Usina**

<b>Demanda Total da Instalação</b>	
<b>Parcela</b>	<b>Potência (kW)</b>
a	14,12
b	6,11
c	4,50
d	0,00
e	0,00
F	223,02
G	0,00
<b>D (kW) =</b>	<b>242</b>

### 7.11.8 ILUMINAÇÃO EXTERNA

Para o cálculo da iluminação externa da usina foram utilizadas as normas técnicas da CPFL energia e da CELG (Companhia Energética de Goiás) em conjunto com a NBR 5101 – Iluminação Pública de 1992. Atenta-se ao fato de que o projeto de iluminação externa será elaborado simplesmente para auxiliar na movimentação de pessoas nas áreas internas à usina, sendo que não haverá jornada de trabalho no período noturno, o que possibilita o emprego de uma menor quantidade de postes posicionados exclusivamente aonde não haverá possibilidade de obstrução ou contato com maquinário pesado, como nas calçadas das áreas pavimentadas, nas áreas próximas à administração e à guarita.

Considerando-se todas as vias internas à usina como vias locais, podemos observar da Tabela 7-34 obtida na NBR 5101/92 que, para tráfego leve de pedestres e veículos, temos os valores de  $U_{min} = 0,2$  e  $E_{med,min} = 2$ .

**Tabela 7-34 - Requisitos de Iluminância e Uniformidade para vias Locais. FONTE: NBR 5101 de 1992**

Classificação do tráfego		Veículo			
		L		M	
P e d e s t r e	L	$E_{med,min.}$ (lux)	$U_{min.}$	$E_{med,min.}$ (lux)	$U_{min.}$
	M	5	0,2	10	0,2
	I	10	0,2	14	0,2

Com relação à escolha do tipo de lâmpada a ser adotada, a Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL) recomenda diferentes tipos de lâmpadas baseado no tipo de tráfego de pedestres e no vão e largura das ruas. Na Tabela 7-35, pode-se observar que para tráfego leve de pedestres, independentemente do vão entre lâmpadas e da largura da rua, as lâmpadas a serem adotadas são do tipo CS10, que de acordo com a CPFL são lâmpadas de vapor de sódio 100 W, instalada em luminária fechada ou integrada e em braço curto.

**Tabela 7-35 - Tipos de lâmpadas em função do tráfego de pedestres, dos vãos entre lâmpadas e da largura das ruas. Fonte: CPFL**

P E D E S T R E S		VÃO (m)											
		28			32			36			40		
		LARGURA DA RUA (m)			LARGURA DA RUA (m)			LARGURA DA RUA (m)			LARGURA DA RUA (m)		
		8	12	16	8	12	16	8	12	16	8	12	16
P	L	CS10	CS10	CS10-A	CS10	CS10	CS10-A	CS10	CS10	CS10-A	CS10	CS10	CS10-A
E	M	CS10	CS10	CS10-A	CS10	CS10	MS15	CS10	CS10-A	MS15	CS10	MS15	CS10-A
D	I	CS10	CS10	MS15-A	CS10	MS15	MS15-A	CS10	MS15	MS15-O	MS15	MS15-A	MS15-O

A CPFL também propõe algumas alternativas de posicionamento das luminárias nas vias em função das larguras das mesmas, sendo que no projeto da usina utilizaremos as duas alternativas expostas abaixo:

### 1) Sistema Unilateral

Este sistema geralmente é utilizado quando a largura da via não excede 10 metros. O desenho esquemático está demonstrado na Figura 7-28.

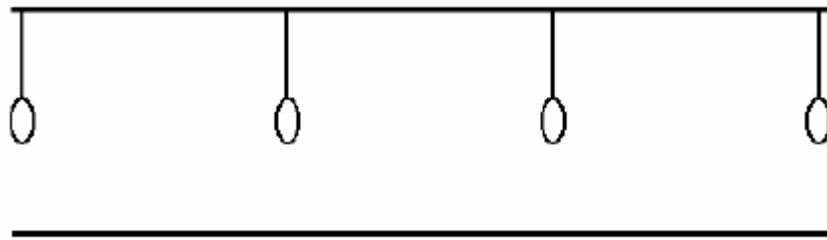


Figura 7-28 – Desenho esquemático de um sistema unilateral

### 2) Sistema Oposto

Este sistema geralmente é utilizado quando a largura da via excede 13 metros. O desenho esquemático está demonstrado na Figura 7-29.

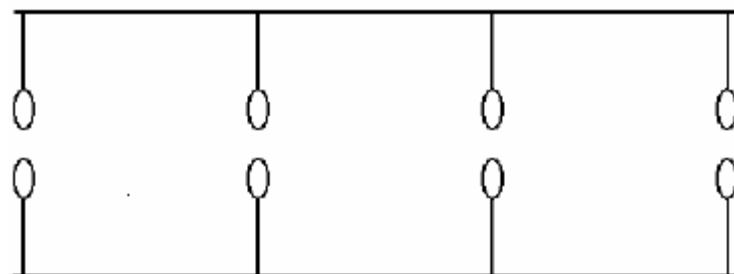


Figura 7-29 - Desenho esquemático de um sistema oposto

Com estas definições em mente, podemos selecionar uma lâmpada que respeite os critérios estabelecidos e com suas informações obteremos as informações de posicionamento e espaçamento entre postes, além de altura do mesmo. A lâmpada selecionada para a usina foi a SON-T Plus E27 de 100W montada no SPP186, que pode ser visto na Figura 7-30.

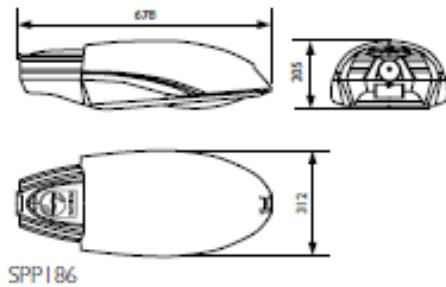


Figura 7-30 - EcoVia SPP186 – Philips

O poste selecionado é o modelo SIS da SCAC<sup>14</sup>, exibido em detalhe na Figura 7-31.

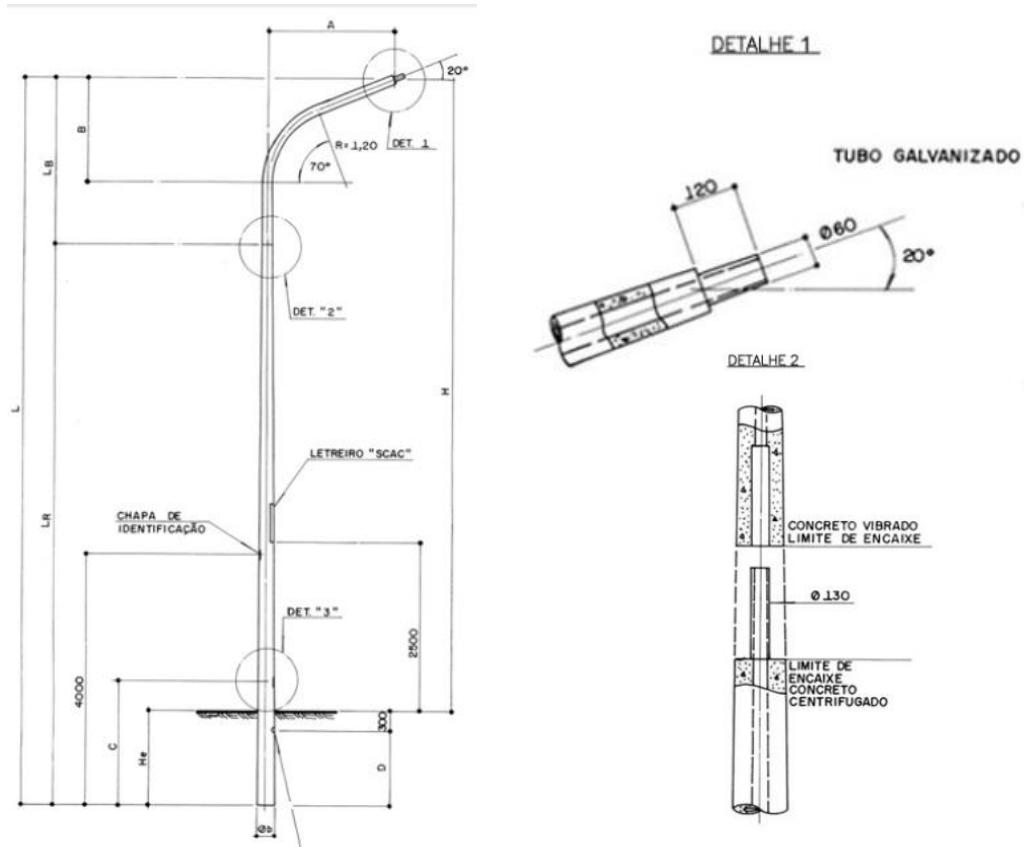


Figura 7-31 - Detalhamento de posteamento escolhido

Utilizando-se a Tabela 7-36, fornecida pelo fabricante, pode-se obter a altura e espaçamento dos postes de luz em função dos valores de  $U_{min}$  e  $E_{med,min}$  previamente obtidos.

<sup>14</sup> <http://www.scac.com.br/Postes+de+Distribuicao+e+Iluminacao>

**Tabela 7-36 - Tabela de iluminamento em função do espaçamento e altura dos postes.**Fonte: <http://www.scac.com.br/Postes+de+Distribuicao+e+Iluminacao>

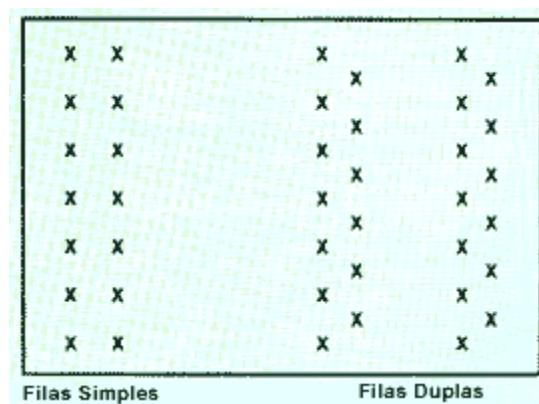
Tabela de iluminamento em função do espaçamento e altura de postes				
H (m)	S (m)	Emed (lux)	Emin/Emáx	Emin/Emed
7	21	32	0.26	0.48
7	25	28	0.24	0.48
7	28	25	0.22	0.48
8	24	26	0.31	0.54
8	28	23	0.28	0.53
8	32	20	0.25	0.52
9	27	22	0.35	0.58
9	32	18	0.31	0.57
9	36	17	0.27	0.54

Do estabelecido acima, optou-se por postes de luz com 7 metros de altura e espaçamento de 28 metros entre eles. Como a usina possui muitas vias de diferentes larguras, o projeto de iluminação externa pode ser visto em Anexo, tendo este respeitado todas as premissas citadas anteriormente. Um exemplo de locação de posteamento está apresentado na Figura 7-32. O projeto se encontra no Anexo-Desenho 08.

**Figura 7-32 - Modelo de posicionamento dos postes, que pode ser visto no Anexo – Desenho 08**

## 7.12 PROJETO DE CERCA VIVA

A cerca viva ao redor do terreno tem como principais funcionalidades realizar a retenção de pó e ruído para assim não incomodar a vizinhança e ser ambientalmente correto. Para isso, deve-se levar em consideração que a cerca deve ser mais larga devido aos grandes volumes de pó gerados e altos níveis de decibéis produzidos. A espessura recomendada pela Agrotropical, organização agrícola sem fins lucrativos, para retenção de alto nível de ruído e pó é de 2-3 m de profundidade, realizadas em fileiras intercaladas como pode-se ver na Figura 7-33 abaixo.



**Figura 7-33 - Desenho esquemático da plantação de cerca viva em fileiras intercaladas ou simples.**

### 7.12.1 ESCOLHA DA PLANTA IDEAL

Deve-se levar em consideração a iluminação solar no local durante o dia, se o clima regional é seco ou chuvoso, se o solo é fértil e a altura da cerca viva desejada. Porém, para plantas de grande estatura, alturas de 4 a 5 metros, o espaço amostral de escolhas se reduz, tendo como escolha final a planta de nome popular sanção do campo. Uma imagem de cerca viva já desenvolvida pode ser verificada na Figura 7-34.

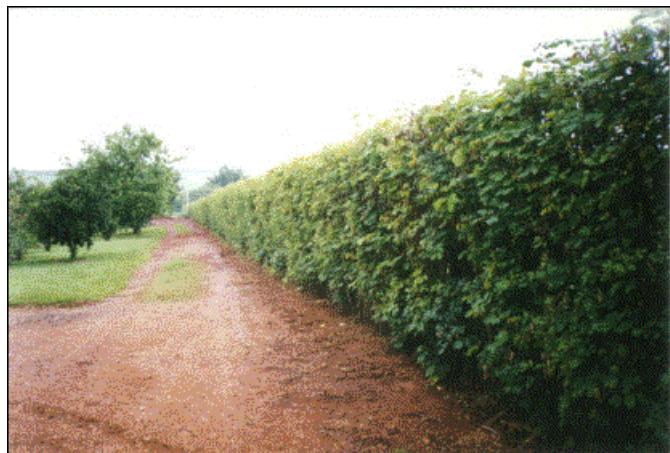


Figura 7-34 - Exemplo de cerca viva com sanção. Fonte: [www.sementescaicara.com.br](http://www.sementescaicara.com.br)

### 7.12.2 MÉTODO E DIMENSIONAMENTO

Devem-se evitar locais sombreados, alagados ou muito pedregosos, pois nestes, o desenvolvimento das plantas será baixo ou nulo. O preparo do solo deve ser feito no mínimo 30 dias antes do plantio das mudas, para que o adubo tenha tempo de se integrar ao solo. Utiliza-se normalmente de 15 a 20 litros de húmus de minhoca ou composto orgânico por metro quadrado de canteiro.

As dimensões das covas irão variar de espécie para espécie. No caso da escolha pela sanção do campo, devem-se realizar as covas de 20 em 20 cm. Devem-se plantar as mudas nas horas mais amenas do dia e devem-se ser regadas todos os dias na primeira semana.

A cerca viva irá percorrer o perímetro do terreno onde estará instalada a usina de reciclagem. Com isso, essa área possui 703m de perímetro. As mudas de sanção do campo serão plantadas com espaçamento de 0,2m. Tem-se, portanto, 3515 mudas em uma fileira. Como o projeto será feito em fila dupla, dobra-se esse valor, chegando ao total de 7030 mudas.

Com relação ao húmus com minhoca, foi estipulado que deveria ser utilizado 20 l/m<sup>2</sup>. Sabendo que será colocado em duas fileiras de 706 de comprimento e 0,2 de largura, chega-se ao valor de 5624 litros de húmus com minhoca. A densidade desse material foi adotado de 1,6 kg/l. Portanto, para realizar o plantio da cerca viva, utiliza-se praticamente 9 toneladas de material enriquecido biologicamente. O projeto está apresentado na Figura 7-35.



Figura 7-35 - Projeto de Cerca Viva

### 7.12.3 MANUTENÇÃO

Para que elas possam crescer verticalmente, deve-se começar a educar as plantas desde o começo, logo após de sua estabilização no local de plantio. A poda que irá definir a forma e altura da cerca, por isso, é uma prática que deve ser realizada por uma pessoa com experiência, pois se feita de maneira errada poderá causar efeitos que levarão tempo para ser concertados ou mesmo que sejam irreversíveis. Pode ser feita com o auxílio de tesoura e

alicate de poda, aparador elétrico de cerca viva e serrote de poda, caso a planta já esteja com grande porte.

## 7.13 PROJETO DE SINALIZAÇÃO

O projeto de sinalização foi realizado utilizando como base o Manual de Sinalização do DNIT. Para o caso da sinalização vertical, foram utilizados no projeto 5 diferentes tipos de placas:

- 1) **A-15 – parada obrigatória à frente:** essa placa de advertência foi projetada para que os pedestres que lá circularem tenham prioridade sobre os automóveis e caminhões circulando. Exemplo dessa placa pode ser visto na Figura 7-36.



Figura 7-36 - Placa A-15 de advertência ao condutor à passagem de pedestres

- 2) **R1 - Parada obrigatória:** No caso onde foi utilizada teve como objetivo fazer os automóveis e caminhões pararem na guarita para se identificar e realizar a pesagem. A placa pode ser vista na Figura 7-37.



Figura 7-37 - Placa de parada obrigatória

- 3) **R19 – Velocidade máxima permitida:** Essa placa regulamenta o limite máximo da velocidade permitida na pista. No caso da usina, será permitido 30km/h devido à possibilidade de acidentes com funcionários e

outros veículos presentes dentro da área. A Figura 7-38 demonstra um exemplo de placa de velocidade máxima permitida.



Figura 7-38 - Placa de Máxima velocidade permitida

**4) R33 – sentido circular na rotatória:** Em frente ao prédio da administração possui uma rotatória. Devido a isso foi colocado a placa indicando o sentido de circulação. A Figura 7-39 apresenta a representação da placa R33.



Figura 7-39 - Placa de sentido circular de rotatória

**5) Placa de indicação:** auxiliar os caminhões e automóveis que estiverem dentro da usina a se localizar. As placas consistem em indicar o caminho ao despejo, prédio da administração e área de triagem. Foram propostas no projeto duas dimensões diferentes: 1,60x1,00 e 1,60X0,50. A Figura 7-40 mostra um exemplo de placa de indicação.



Figura 7-40 - Exemplo de placa de indicação que foi utilizada no projeto

O projeto consiste também em apresentar sinalizações horizontais: faixa de pedestre para a passagem da calçada para a área da usina, faixa de pedestre para o acesso à guarita e faixas de divisão dos fluxos opostos simples contínua. Esta última, que impede ultrapassagens dentro da área da usina, foi utilizada para que não ocorram acidentes com funcionários e entre veículos

que estejam trafegando no local. Também foram utilizados faixas horizontais para delimitar as vagas de estacionamento. O projeto está anexado no Desenho 09 dos Anexos.

## 7.14 PROJETO DO PRÉDIO ADMINISTRATIVO E GUARITA

Para a execução do projeto do prédio administrativo e da guarita, foram estabelecidos quais seriam as subdivisões dos projetos e sua devida ordem de execução. Com isso, a Figura 7-41 especifica quais são esses projetos e sua devida ordem de elaboração. Primeiramente, foram feitos os layouts de cada prédio em planta baixa, para assim ser feito os desenhos de primeira e segunda fiada da alvenaria estrutural, com a escolha dos blocos. Com essa escolha, podem-se calcular as cargas peso das estruturas para ser feita a escolha do tipo de fundação e seu dimensionamento. Finalizando a parte estrutural, foi feita a escolha da laje assim como seu cálculo. Com relação aos projetos de sistemas prediais, a ordem não é determinante, sendo realizados paralelamente os projetos de hidráulica, elétrico e de esgoto.



Figure 7-41 - Projetos realizados e a ordem de suas execuções

### 7.14.1 PROJETO URBANÍSTICO

O prédio da administração é composto por uma cozinha, duas salas de reunião, uma sala de convenções e dois banheiros. Para sua construção, foi escolhida alvenaria estrutural como método construtivo devido à facilidade de construção e baixas cargas que o prédio deverá suportar. O Layout se encontra na Figura 7-42 e nos Anexos-DESENHO 10.

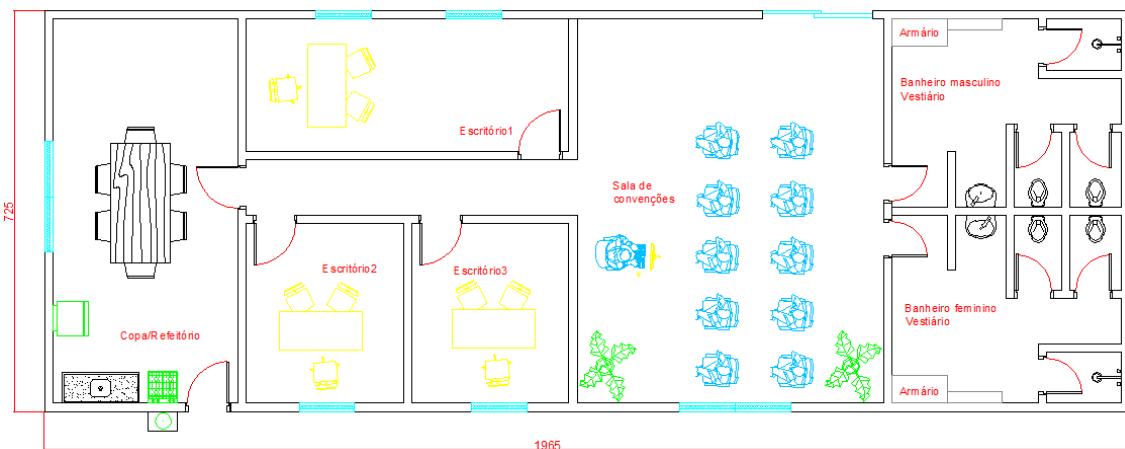


Figura 7-42 - Layout do prédio da administração

Para o prédio da guarita, a solução adotada foi alvenaria estrutural com a única diferença de conter, nesse caso, dois pavimentos. Na guarita, o térreo contém um banheiro e uma sala. Também tem o acesso a uma escada circular de alumínio, que leva ao segundo andar. No segundo pavimento, tem outra sala onde os funcionários da usina poderão fiscalizar a chegada dos caminhões. O layout está apresentado na Figura 7-43 e Anexos-DESENHO 13.

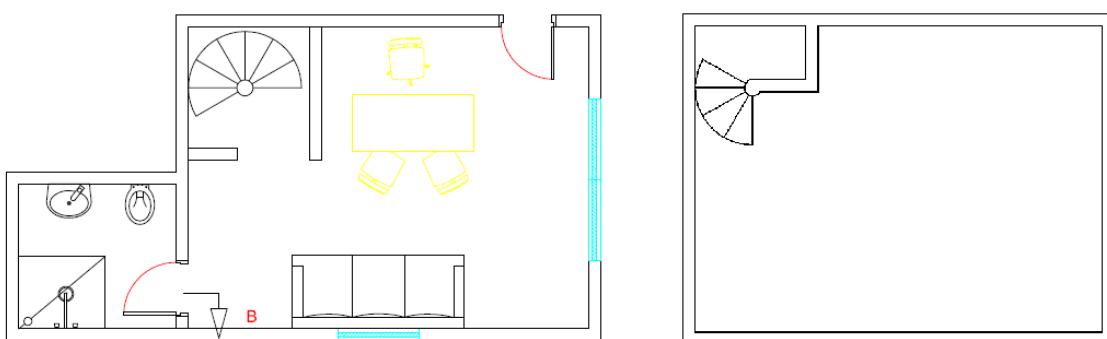


Figura 7-43 - Layout do Primeiro e Segundo Pavimento da Guarita

## 7.14.2 PROJETO DA ALVENARIA ESTRUTURAL

A alvenaria estrutural se caracteriza pelo uso das paredes como principal estrutura de suporte das cargas. Para seu dimensionamento é utilizado o cálculo racional, sendo utilizadas as Normas NBR 6136/2006 – Blocos vazados de concreto simples para alvenaria (Requisitos), NBR 8949/1985 – Paredes de alvenaria estrutural – Ensaios à compressão simples e NBR 15961-1/2011 Alvenaria estrutural – blocos de concreto. Esta ultima norma, utiliza o Método dos Estados Limites como método de cálculo, diferente da norma anterior de 1989, que utilizava o método das tensões admissíveis.

Para o cálculo de resistência dos blocos da parede estrutural em relação às tensões verticais, foi realizado o estudo para a parede mais carregada. Com relação às cargas horizontais não foram feitas as verificações devido às edificações serem de baixa estatura e não sofrerem grandes tensões devido ao vento.

Na Figura 7-44, está apresentada a planta baixa do edifício da administração com as linhas de ruptura da laje. Com isso, sabe-se o peso recebido em cada parede do prédio. As paredes pintadas de preto não são estruturais, portanto não entram nos cálculos de tensões admissíveis por não receberem cargas. E por final, o circulo verde representa a localização da caixa d'água de 1000L que estará alocada na laje superior do prédio administrativo.

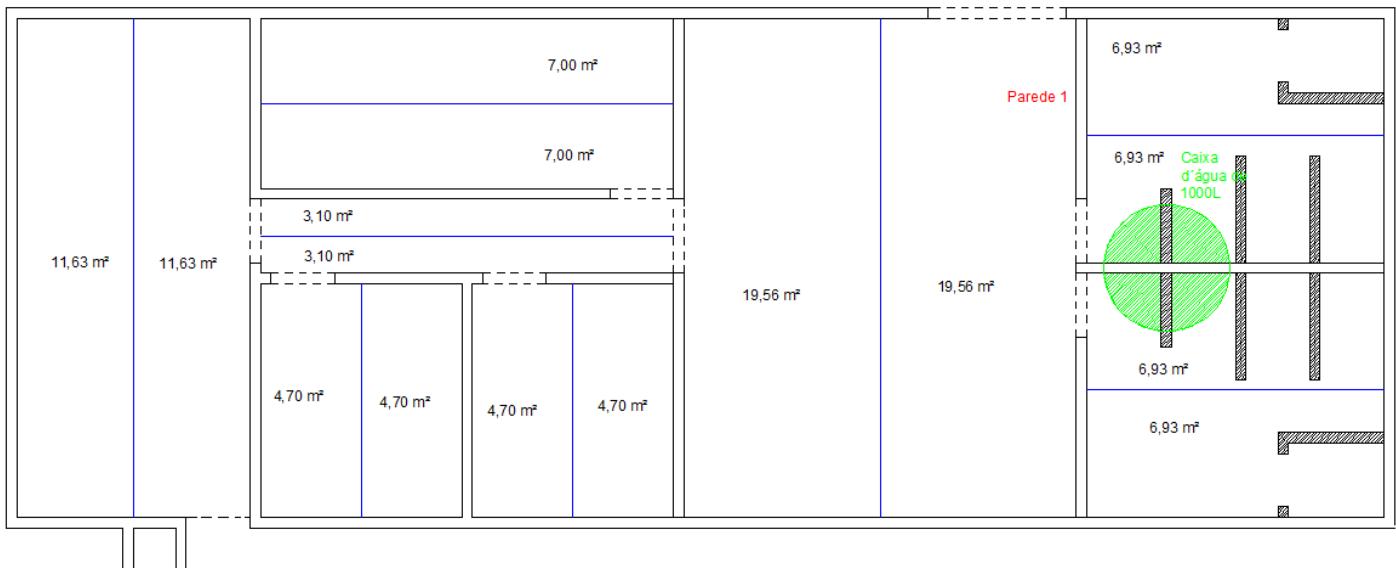


Figura 7-44 – Linhas de ruptura das lajes para cálculo das tensões verticais nas paredes

Primeiramente, será feito o cálculo da esbeltez das paredes para saber se deve ser considerada alvenaria estrutural armada ou não. Caso  $\lambda$  seja maior que 20, deve-se armar a estrutura e caso seja menor, não há necessidade. Sabendo que o pé direito ( $h$ ) é de 2,50m e a espessura da parede ( $t$ ) de 0,15m, pode-se utilizar a Equação 7-20.

$$\lambda = h/t \quad (\text{Equação 7-20})$$

Como o resultado é de 16,7, podem-se iniciar os cálculos supondo que não haverá necessidade de armar a estrutura. Utiliza-se, em seguida, a equação 7-21, utilizada na NBR 15961-1, para ser calculada a carga axial admissível da parede.

$$P_{adm} = 0,20 \cdot f_p \left[ 1 - \left( \frac{h}{40 \cdot t} \right)^3 \right] \cdot A_n \quad (\text{Equação 7-21})$$

Sendo:

$P_{adm}$ : carga axial admissível da parede.  
 h: altura efetiva da parede.  
 t: espessura efetiva da parede ( $t \geq 14$  cm).  
 $A_n$ : área líquida da seção transversal da parede.  
 $f_p$ : resistência média dos prismas.

Utiliza-se a resistência média dos prismas para se obter um resultado mais conservador. Sabe-se que os resultados dos ensaios mostram que a resistência à compressão dos prismas é menor do que a resistência à compressão das unidades blocos. PARSEKIAN, em seu livro de Parâmetros de Projeto de Alvenaria Estrutural com Blocos de Concreto, diz que pode-se adotar que a resistência média dos prismas ( $f_p$ ) que deve ser adotado é 0,8 da resistência média do bloco ( $f_{bk}$ ). Sabendo que iremos utilizar blocos de concreto de  $f_{bk}$  de 4,5 MPa, temos  $f_p = 3,6$  MPa. Utilizando a equação 7-21 apresentada, calcula-se  $P_{adm}$ , tendo como resultado a ultima coluna da Tabela 7-37. Essa coluna será comparada com a coluna que apresentam as cargas nominais em cada parede do prédio da administração.

Para o cálculo das tensões verticais em cada parede, foi utilizada a equação 7-22.

$$P = gk + g_{bloco} \quad (\text{Equação 7-22})$$

Onde  $gk$  é a soma das cargas da área de influencia da laje com as cargas variáveis, como demonstrada na Equação 7-23.

$$gk = \frac{A_{inf.laje} * (glaje + qvar)}{Lr} \quad (\text{Equação 7-23})$$

Sendo:

$Lr$  : comprimento da parede resistente;

$glaje$ : peso próprio da laje;

$A_{inf.laje}$  = área de influência da laje;

$qvar$  = tensões devido às ações variáveis;

**Tabela 7-37 - Verificação à tensões de compressão nos blocos de concreto no Prédio da Administração**

direções no plano XY		Carregamentos verticais										Tensões Normais (Mpa)		
		paredes		trechos		altura h (m)	Lx (m)	Ly (m)	gk (kN/m)	gajae (kN/m)	gprem (kN/m2)	gblocos (kN/m2)	qpar (kN/m)	
X	1	1	2.8	3.45	0.91	2.54	3.3	0.00	0	0	2.4	6.72	2	6.72
	1	2	2.8	3	1.05	1.95	3.3	0.00	0	0	2.4	6.72	2	6.72
	2	1	2.8	3	1.05	1.95	3.3	0.00	0	0	2.4	6.72	2	6.72
	3	1	2.8	3	0.91	2.09	3.3	0.00	0	0	2.4	6.72	2	6.72
	4	1	2.8	6	0.91	5.09	3.3	10.57	10.15	24	6.72	2	17.29	0.00288
	5	3	2.8	6	2.1	3.9	3.3	0.00	0	0	2.4	6.72	2	6.72
Y	1	1	2.8	7.2	2.1	5.1	3.3	9.15	8.8	24	6.72	2	16.23	0.00271
	2	2	2.8	1.2	0.91	0.29	3.3	7.41	0	2.4	6.72	2	6.72	0.00220
	3	1	2.8	3.45	3.45	3.3	14.64	4.7	24	6.72	2	13.94	0.00404	
	4	2	2.8	1.2	0.91	0.29	3.3	7.41	0	2.4	6.72	2	6.72	0.00560
	5	1	2.8	3.6	0.91	2.69	3.3	19.31	9.8	24	6.72	2	26.03	0.00723
	6	2	2.8	3.6	0.91	2.69	3.3	19.31	9.8	24	6.72	2	26.03	0.00723

Para a localização das paredes dimensionadas pela Tabela 7-37, foi feita a divisão entre paredes paralelas ao eixo x e y. As paredes são lidas de baixo para cima e da esquerda para a direita. As paredes são lidas de baixo para cima e da esquerda para a direita. Para os cálculos, algumas premissas foram adotadas. Como, por exemplo, o variável de  $2\text{KN/m}^2$ , devido ao fato de alguma pessoa tenha que ter acesso à caixa d'água. O peso próprio do bloco também foi adotado no valor de  $2,4\text{KN/m}^2$ . E por final, o peso próprio da laje de concreto adotado foi de  $25\text{KN/m}^3$ .

Portanto, analisando as duas últimas colunas, percebe-se que as tensões apresentadas nas paredes do prédio administrativo são muito abaixo das tensões máximas permitidas. Ou seja, não há riscos com relação à compressão. Devido à baixa estatura do prédio, não será feita a verificação com relação à cisalhamento, tração e flexão composta.

Será realizado o mesmo procedimento para o prédio da guarita. A diferença entre os dois modelos é que a guarita apresenta dois pavimentos, sendo a caixa d'água de 250L alocada no primeiro pavimento, em cima do banheiro.

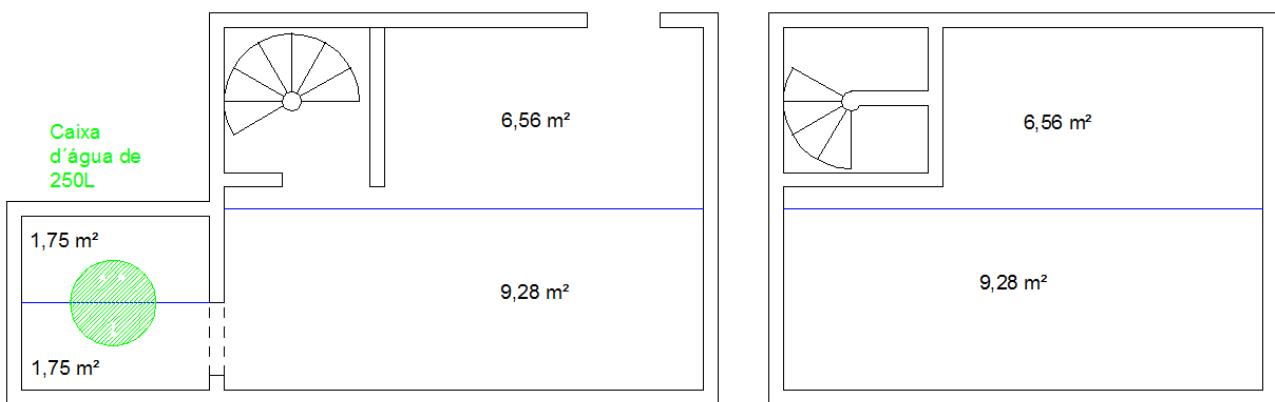


Figura 7-45 - Linhas de ruptura das lajes para cálculo das tensões verticais nas paredes

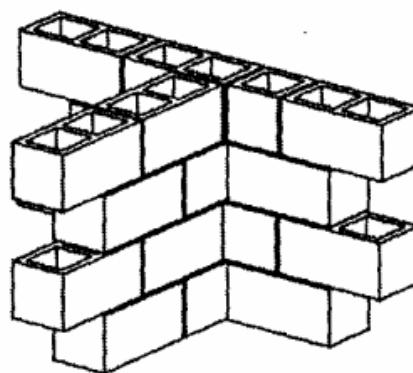
O cálculo será realizado apenas para a base das paredes do primeiro pavimento, sendo as cargas do segundo pavimento transferidas para o andar abaixo.

**Tabela 7-38- Verificação às tensões de compressão nos blocos de concreto na Guarita**

Carregamentos verticais										Carregamentos laterais		Carregamentos normais		Carregamentos normais		
Carregamentos no plano XY					Carregamentos no plano XZ					Carregamentos laterais		Carregamentos normais		Carregamentos normais		
	paredes	trechos	altura h (m)	Lx (m)	Lz (m)	lx (m)	lz (m)	glata (kN/m)	gk (kN/m)	Aint. faze (m <sup>2</sup> )	gperm (kN/m <sup>2</sup> )	glocos (kN/m <sup>2</sup> )	qvar (kN/m)	p = gk + glocos (kN/m <sup>2</sup> )	Tensões Normais (Mpa)	Padm (Mpa)
X	1	1	2.8	4.93	3.05	1.88	3.3	5.07	1.75	2.4	6.72	2.15	23.59	0.005	8.93	
	2	2.8	4.93	1.88	3.05	3.3	16.13	9.28	2.4	6.72	2	45.69	0.009			
	1	2.8	1.88		1.88	3.3	12.70	1.75	2.4	6.72	2.15	23.59	0.013		3.40	
Y	3	1	2.8	3.05	1	2.05	3.3	16.96	6.56	24	6.72	2	47.36	0.016	5.52	
	1	1	2.8	1.88		1.88	3.3	0.00	0	24	6.72	2	13.44	0.007	3.40	
	2	1	2.8	3.05	1.17	1.88	3.3	0.00	0	24	6.72	2	13.44	0.004	5.52	
	2	2.8	3.05	1.88	1.17	3.3	0.00	0	24	6.72	2	13.44	0.004		5.52	
	3	1	2.8	3.05	3.05	3.3	0.00	0	24	6.72	2	13.44	0.004		5.52	
	3	1	2.8	3.05	3.05	3.3	0.00	0	24	6.72	2	13.44	0.004		5.52	

Utilizando os mesmos parâmetros que foram usados na verificação das tensões verticais para o prédio da administração, percebe-se que ainda são muito baixas as tensões geradas pelo peso próprio da estrutura perto das tensões admissíveis. Portanto, pode-se considerar que a guarita também está passando na verificação de compressão, não sendo necessária a averificação para cisalhamento, flexo compressão e tração.

Para a realização das paredes, foram escolhidos blocos de concreto de 4,5MPa. Os blocos que serão utilizados são de 15x30x15 (1 furo), 15x30x30 (2 furos) e 15x30x45 (3 furos). Para ser executado um projeto de alvenaria estrutural, é necessário saber como será feita a disposição dos blocos in loco. Para isso, foi necessário ser realizado o projeto para a primeira e segunda fiada. A segunda fiada deve ter 15 cm de defasagem em relação à primeira para ocorrer a amarração dos blocos como demonstrado na Figura 7-46. Ambas foram desenhadas em planta apresentadas nos Anexos-DESENHO 11 para o prédio da Administração e DESENHO 14 para o prédio da guarita.



**Figura 7-46 - Modelo de estrutura de alvenaria com 4 fiadas defasadas de 15cm entre cada uma**

Lembrando que se deve realizar as vergas e contravergas nas janelas e esquadrias nas portas devido às grandes concentrações de tensões de cisalhamento ou tração, que podem causar grandes fissurações da alvenaria nos cantos das aberturas. Uma exemplificação de vergas e contravergas está apresentada na Figura 7-47.

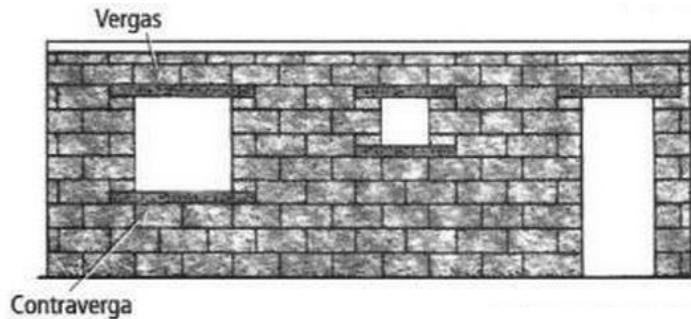


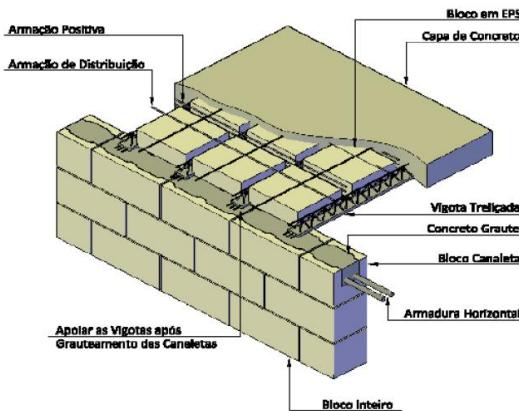
Figure 7-47 - Exemplificação de Vergas e Contravergas

### 7.14.3 PROJETO DE LAJES

Sendo edificações de baixa estatura, um ou dois pavimentos, foi feita a escolha por lajes armadas em uma direção, pré-fabricadas. Ou seja, serão utilizadas vigotas treliçadas como método construtivo. Como não haverá a necessidade da construção de telhado, deverá ser realizada a impermeabilização por emulsão acrílica na superfície da laje finalizada. Como consulta dos procedimentos, foi utilizada a norma NBR 14860-1 Laje Pré-fabricada – Pré-laje - Requisitos.

Apesar da utilização de vigotas treliçadas em apenas uma direção, deve ser considerada a armadura mínima ortogonal às vigotas devido às deformações térmicas impostas. Essa armação é de 6,3mm de diâmetro espaçadas de 20 cm entre elas. Essa armação é colocada espaçada entre os blocos de EPS. Esse método construtivo é denominado laje treliçada mista<sup>15</sup>. Com relação à ligação entre alvenaria e laje, não há necessidade de realizar armação de engastamento, apenas apoio com junta térmica de isopor. A Figura 7-48 representa como é realizada a laje explicada acima. E o projeto especificando a direção das lajes está em Anexos DESENHO 12 do prédio da administração e DESENHO 15 para o prédio da guarita.

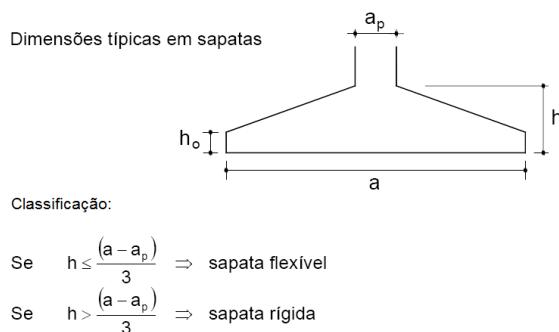
<sup>15</sup> [http://www.dcc.ufpr.br/mediawiki/images/8/87/TC025\\_Alvenaria\\_estrutural\\_A.pdf](http://www.dcc.ufpr.br/mediawiki/images/8/87/TC025_Alvenaria_estrutural_A.pdf)



**Figura 7-48 - Exemplo construtivo de laje treliçada mista**

#### 7.14.4 PROJETO DE FUNDAÇÃO

Com relação à fundação da alvenaria, foi optado pela escolha de sapata corrida, classificada como sapata flexível segundo a NBR 6118:2003 – Projeto e Execução de Fundações, como apresentada na Figura 7-49. Solução usual e frequente para alvenaria estrutural devido à transmissão dos esforços pesos ao longo da parede. O projeto de fundação com os detalhes construtivos se encontra em Anexos-DESENHO 16.



**Figure 7-49 - Classificação de sapatas. FONTE: NBR 6118:2003**

As dimensões adotadas para a sapata corrida foram de base maior (a) de 60cm,  $a_p$  de 20cm e altura h de 10 cm. Isso garante que a sapata será considerada flexível. Os detalhes da sapata corrida adotada para a guarita e o prédio administrativo estão apresentados na Figura 7-50.

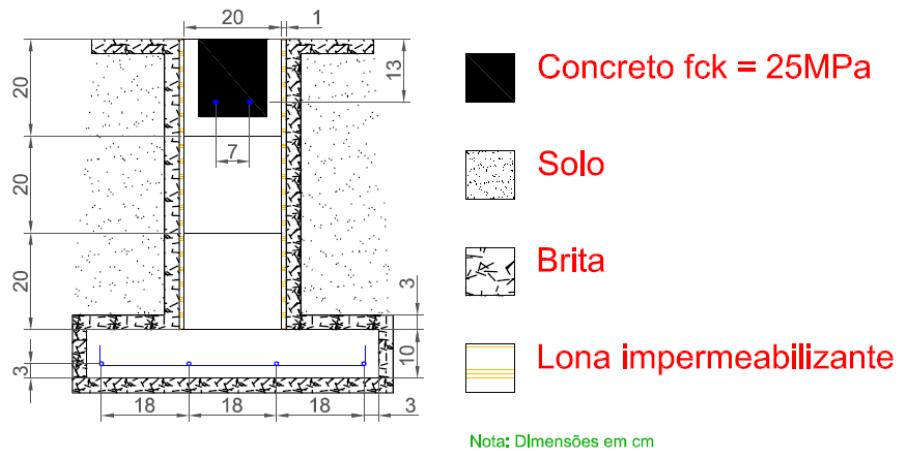


Figure 7-50 - Detalhe da sapata corrida realizado no autoCAD

Para o cálculo da armadura na sapata, foi feito o dimensionamento para uma carga vertical de 50 KN/m, o máximo encontrado entre os dois prédios dimensionados. Também sabe-se que a tensão admissível do solo é de 0,293 MPa, como calculado anteriormente no item de fundação dos equipamentos. Assim, podemos calcular a área A onde atuam as cargas de forma uniforme por metro, como demonstrada na Figura 7-51 retirada da NBR 6118.

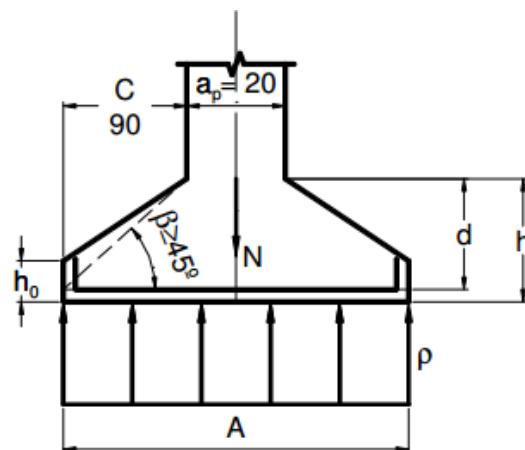


Figure 7-51 - Distribuição uniforme na base da sapata corrida FONTE: NBR 6118

Para o cálculo do momento, foi utilizada a equação 7-24 retirada da NBR6118.

$$M = \frac{N}{8} (A - a_p) \quad (\text{Equação 7-24})$$

Sabendo que  $A=1.1/0.293= 375$  cm e  $a_p=20$ cm, pode-se calcular a equação 7-24, obtendo o momento de  $M=2329.69$  KN.cm/m. O cálculo da armadura principal é demonstrada na Equação 7-25.

$$As = Ks \frac{M}{f_{yd}} , \text{ sendo } Ks=0,023 \text{ (domínio 2)} \quad (\text{Equação 7-25})$$

Assim, adotando  $f_{yd} =45/1,4$ , tem-se  $As=1,66$   $\text{cm}^2/\text{m}$ . Sendo portanto adotado,  $\varnothing 6,3$ mm c/17cm. Esse valor passa pela distância máxima permitida pela norma NBR6118, de 20 cm. Com relação à armadura secundária, a área deve ser a maior entre  $As/5$  ou  $0,9$   $\text{cm}^2/\text{m}$ . Sendo, portanto, nesse caso, adotado  $0,9\text{cm}^2/\text{m}$ . Assim, a armadura secundária é de  $\varnothing 5$  mm c/18 cm, também passando pela distância máxima permitida pela norma de 33cm. A distribuição das armaduras já foi monstrada na Figura 7-50.

Como método construtivo, deve-se colocar brita em volta da sapata para poder ocorrer a drenagem da água. Também é realizada a impermeabilização das laterais da sapata para evitar que a água suba para as paredes de alvenaria por tensão superficial. Isso danificaria a estrutura com o passar do tempo. O projeto de sapata se encontra em Anexos-Desenho-16.

#### 7.14.5 PROJETO ELÉTRICO

Para ambas as edificações, foi feito o projeto elétrico, seguindo as recomendações da NBR5410:2004. Foi adotada como premissa a ligação direta na rede de distribuição secundária. A ligação é trifásica de 110V, sendo considerada uma unidade consumidora comercial com carga total instalada de 250kW. Foram feitos os projetos da passagem dos eletrodutos, ligação com a caixa de distribuição e saídas das tomadas. O projeto pode ser verificado em A3 em Anexos-DESENHO 22 para o prédio da Administração e DESENHO 23 para o prédio da Guarita.

#### 7.14.6 PROJETO HIDRÁULICO

Os projetos de hidráulica também foram realizados devido à presença de banheiros tanto no prédio da administração quanto na guarita. Os projetos estão apresentados em Anexos Desenhos 18,19 e 21. Algumas premissas foram levadas em consideração, sendo levantadas da NBR 5626/98 - Instalação predial de água fria.

- a) A tubulação não foi locada na parede. Por se tratar de alvenaria estrutural, caso haja necessidade de manutenção, não pode-se danificar a estrutura.
- b) Foram locadas as caixas d'água na laje acima dos banheiros, tanto no prédio da administração quanto na guarita.
- c) As saídas do respiradouro e extravasor foram colocados nos fundos das estruturas.
- d) Foram utilizadas tubulações de 32mm para saída da caixa d'água e tubulações de 25mm para as conexões. O chuveiro está a 2,20m do solo, o lavatório a 0,60m e o vaso sanitário a 0,25m. Os registros estão locados a 1,80m do solo.

Para o projeto de esgoto, foi utilizado a NBR 8160/99 - Sistemas prediais de esgoto sanitário. Os projetos estão apresentado em Anexos DESENHOS 17 e 20. Todas as tubulações foram passadas abaixo do contrapiso, com a premissa de 2% de cimento para todas as conexões. Foi utilizados tubos de 40mm de diâmetro ( $\varnothing$ ) advindo de lavatórios, tubos de 100mm  $\varnothing$  vindos de vasos sanitários e de 50mm  $\varnothing$  advindos do ralo do box do chuveiro. Para concentrar e mudar de direção as tubulações, foram usadas Caixas de inspeção de esgoto e para as conexões advindas da pia da cozinha, caixa de gordura.

## 8. MANUAL DE OPERAÇÃO DA USINA

O manual de operação da usina deve ser utilizado como um guia de funcionamento onde será ilustrado o conjunto de passos e atividades que devem ser seguidos durante o cotidiano da usina. As especificações têm como objetivo a orientação em relação ao uso dos espaços, especificações técnicas de operação, assim como a logística interna.

Primeiramente o material chega à usina, adentrando o estabelecimento através do portão principal pela faixa da direita, posicionando o veículo em cima da área pré-definida como área de pesagem (balança) para que possa se averiguar a quantidade de material que está sendo trazida. Ao mesmo tempo, um funcionário realiza a inspeção do veículo para averiguar se não há material incongruente com o que pode ser recebido e triado na usina, podendo-se fazer uso do segundo pavimento da guarita de forma a se ter uma visão melhor do que o caminhão carrega.

Caso esteja de acordo com as especificações e regulamentos, o caminhão é liberado para seguir para a área de descarga. Em caso contrário o caminhão é impedido de seguir e deve se retirar da usina com o material trazido.

Os veículos de passeio que chegam à usina devem se identificar na guarita para poder ter acesso à usina, e caso seja necessário poderão parar nas vagas próximas à guarita. O esquema da operação está demonstrado na Figura 8-1.

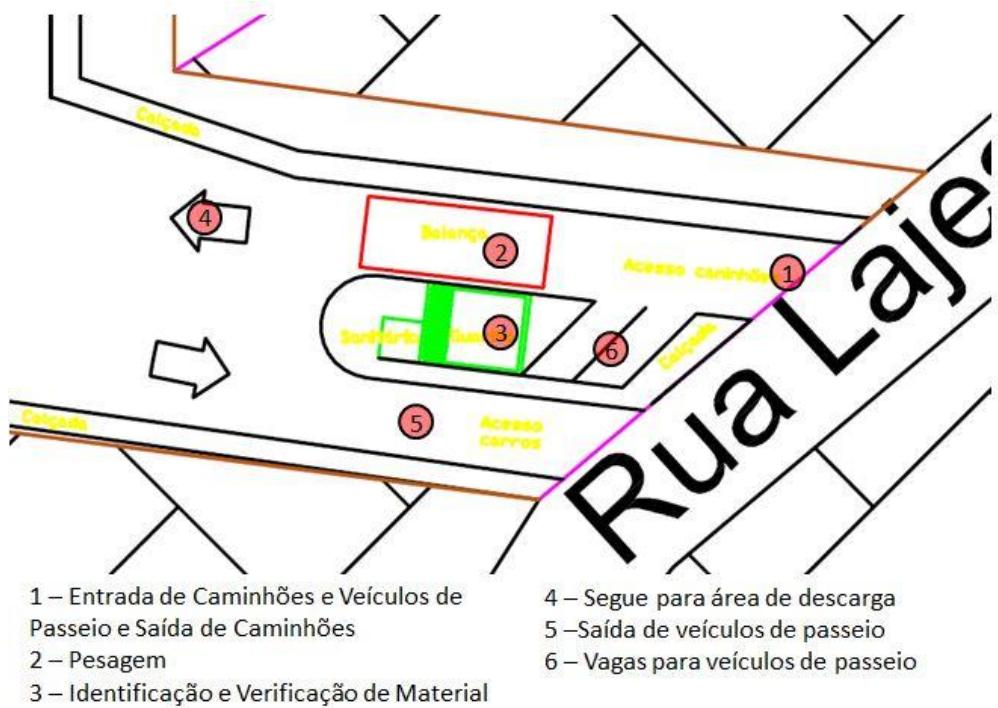


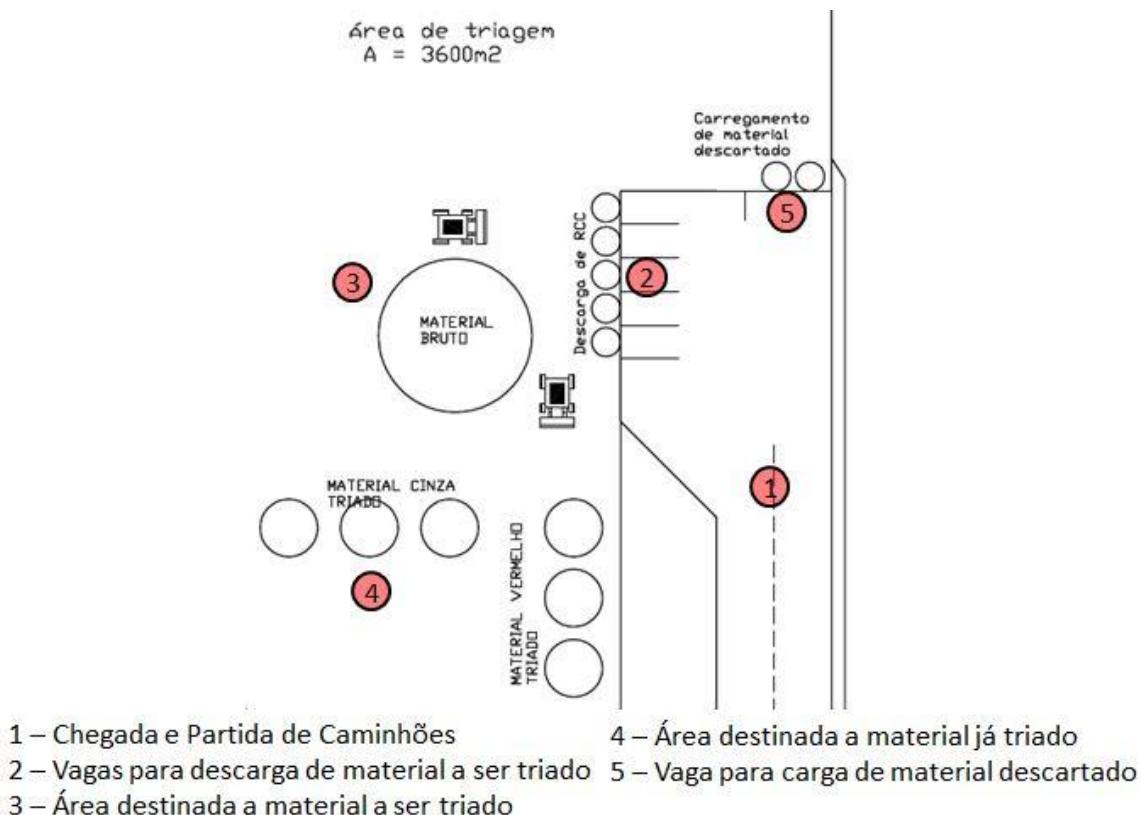
Figura 8-1 - Esquema de operação da entrada da usina

Após a liberação, o caminhão segue para a área destinada a descarregar o material para que este seja triado, área que pode ser vista na Figura 8-2. O caminhão estaciona numa das vagas a 90º disponíveis com a caçamba voltada para a área de descarga. Deve-se utilizar a marcha ré para entrar na vaga. Ao estacionar, o caminhão descarrega o material na área de triagem para que este seja triado e separado de acordo com a classificação (cinza ou vermelho). A triagem é realizada visualmente pelos funcionários, indicando às pás carregadeiras onde se pode coletar material reciclável e quais materiais devem ser levados à baia de descartados, para serem levados à outra destinação.

A movimentação do material nesta área é executada com o auxílio de maquinário específico, como pás carregadeiras. Ao liberar o caminhão, este pode seguir para a área de carga de material já reciclado ou seguir viagem vazio, caso seja o caso, retornando à entrada principal e saindo pela saída destinada a caminhões. Lembrando que tanto na entrada quanto na saída o caminhão realiza necessariamente pesagem.

Ainda, na mesma região há uma baia específica para carga de material que será descartado. O caminhão que será carregado chega à área, estaciona lateralmente na vaga destinada e aguarda enquanto a pá carregadeira realiza o carregamento do material na caçamba do caminhão.

Ao finalizar este processo, o caminhão pode seguir para a saída, necessitando realizar novamente a pesagem para averiguação da quantidade de material que está sendo retirado da usina.

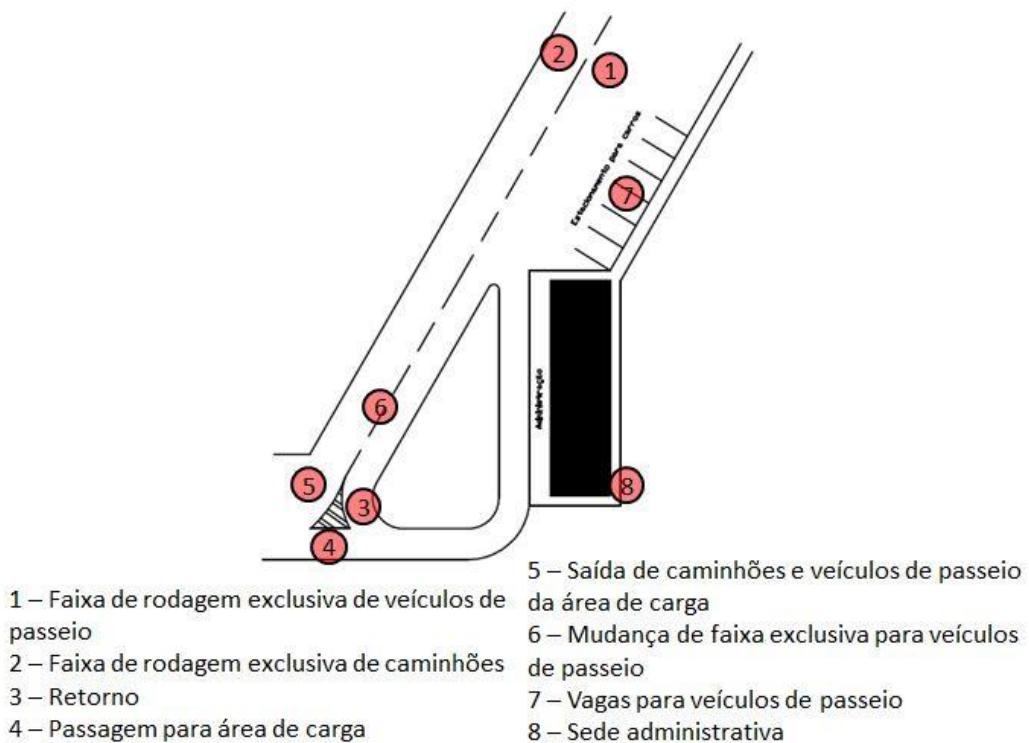


**Figura 8-2 - Esquema de operação de descarga de caminhões e triagem de material**

Os caminhões que seguem para a área de carga de material devem trafegar exclusivamente na faixa da direita, de mão dupla, enquanto que os veículos de passeio que seguirem para a área administrativa deverão seguir exclusivamente pela faixa da esquerda, também de mão dupla. Essa separação serve para se evitar possíveis acidentes decorrentes da utilização de faixas por veículos diferentes, podendo-se, entretanto, haver momentos em que o tráfego em alguma das faixas seja liberado para veículos diferentes, com a utilização de sinalização temporária correspondente.

Os veículos de passeio realizarão um retorno, que pode ser observado na Figura 8-3, quando se direcionarem à saída da usina. Este mesmo retorno possibilita a passagem de veículos de passeio à área de carregamento de material reciclado, mas só será permitida em casos de necessidade maior, sendo que para que o veículo se retire da área de carga ele deverá utilizar a faixa de caminhões até que este possa realizar a troca de faixas após passar o retorno.

Aqueles veículos que necessitarem parar na sede administrativa deverão fazê-lo na área de vagas destinadas aos mesmos.

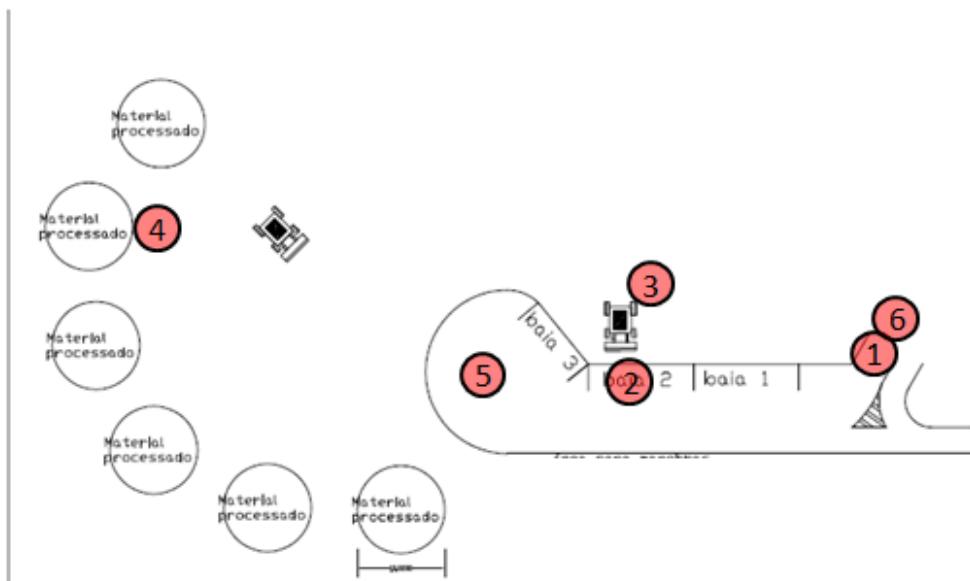


**Figura 8-3 - Esquema de operação ao redor do prédio da administração**

Os caminhões que seguirem para a área de carga devem estacionar numa das baias que esteja vaga, aguardando que o operário da pá-carregadeira carregue o caminhão com o material desejado, sendo o mesmo liberado assim que esteja devidamente carregado. O caminhão realiza o

retorno através da rotatória que se encontra ao final do trecho pavimentado, podendo seguir até a saída da usina, realizando pesagem antes de sair.

Na área de carga, na região não pavimentada, o material já reciclado é mantido junto em tronco-cones de até 10 metros de raio, separados por tipo e granulometria. Esse processo está esquematizado na Figura 8-4.



1 – Chegada de Caminhões	4 – Estoque de Material Reciclado
2 – Baia de Carregamento	5 – Rotatória de retorno
3 – Pá-Carregadeira realizando o carregamento	6 – Saída de Caminhões

**Figura 8-4 - Esquema de operação do carregamento dos caminhões**

## 8.1 PROCESSO DE TRIAGEM

Realizando uma especificação mais detalhada do processo de triagem, espera-se a realização do seguinte procedimento. Assim que o material é descarregado, os funcionários realizam uma pré-triagem de forma a se retirar materiais que sejam visivelmente problemáticos. Por exemplo, madeiras, metais e materiais de outras origens. Após este processo, a pá-carregadeira

realiza o transporte do material ainda não triado para uma área onde todo o material fica estocado, bem próxima às vagas de descarga.

Os funcionários então passam a realizar a separação manualmente, com o auxílio de equipamento compatível para a atividade, como martelos e picaretas para a quebra do material, separando-se o entulho em duas áreas distintas: uma para material cinza e outra para material vermelho.

Com o material já separado, as pás-carregadeiras podem pegar o entulho já triado e levar ao maquinário de reciclagem para que seja realizado o processo de britagem do mesmo. O material que não pode ser utilizado é separado para ser retirado da usina e deve-se dar uma destinação apropriada (aterros sanitários, de descarte etc).

## 8.2 PROCESSO DE RECICLAGEM

O processo de reciclagem inicia-se com a movimentação do material a ser reciclado através das rampas de acesso para o maquinário com a utilização das pás-carregadeiras devidamente carregadas. Elas despejam o material no alimentador vibratório, que por sua vez passa o material para o britador, aonde o mesmo será quebrado. Após este processo o material segue através de uma correia transportadora na qual existe um imã que retirará possíveis metais que ainda estejam misturados ao material triado, jogando o material numa segunda correia transportadora que pode jogar o material diretamente no terreno, formando-se uma pilha de “bica corrida” ou material sem diferenciação granulométrica possibilitando-se a mistura de material cinza e vermelho, ou pode direcionar o material à peneira vibratória, a qual despeja o material em diferentes posições dependendo da granulometria do mesmo (Brita, pedrisco, areia etc). Esta etapa de peneiramento só pode ser realizada com material do tipo cinza, sem a mistura de material vermelho em sua composição.

### **8.3 SEGURANÇA INTERNA**

Além das medidas de segurança contra incêndio citadas no subcapítulo anterior, a usina contará com medidas de segurança interna de forma a se proteger fisicamente os funcionários e visitantes da mesma. Algumas das medidas que deverão ser adotadas ao início das atividades da usina são as seguintes:

- a) Adoção de EPI (Equipamento de Proteção Individual) completo em todas as áreas internas à usina, sendo obrigatório o uso de capacete e colete de identificação especial a todo o momento, além da utilização de máscara contra pó, óculos de proteção, luvas e protetores auriculares nas áreas em que houver movimentação de material;
- b) Adoção de medidas restritivas de circulação interna nas áreas em que haja movimentação de material com a utilização de equipamento pesado, sendo necessária a supervisão de funcionário capacitado para permanecer no local;
- c) Utilização de placas de identificação de áreas perigosas, como as áreas de produção de material reciclado, com a adoção de placas de acesso restrito, de identificação de ambientes, de identificação e grau de periculosidade, entre outras;
- d) Restrição da utilização do equipamento pesado (pás carregadeiras) nas áreas pavimentadas, a não ser que seja estritamente necessário, como para a retirada do equipamento da área da usina;
- e) Adoção de distâncias mínimas de segurança dos equipamentos de britagem, peneiramento e dos equipamentos de carga.

## 8.4 SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO

Visando a proteção dos funcionários e visitantes da usina faz-se necessário tomar algumas medidas de segurança contra incêndio das edificações e áreas de risco internas à usina. Dessa forma, atendendo-se as instruções técnicas do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo (CBPMESP), verificaram-se quais são as medidas necessárias a serem implantadas na usina.

Primeiro, separou-se o tipo de ocupação como industrial. Da Tabela 8-1, pode-se notar que a usina projetada será do tipo I-1 uma vez que haverá pouco material combustível na mesma.

**Tabela 8-1 - Classificação das edificações e áreas de risco quanto à ocupação. Fonte: Instruções técnicas do CBPMESP**

Grupo	Ocupação/Uso	Divisão	Descrição	Exemplos
I	Indústria	I-1	Locais onde as atividades exercidas e os materiais utilizados apresentam baixo potencial de incêndio. Locais onde a carga de incêndio não chega a 300MJ/m <sup>2</sup>	Atividades que utilizam pequenas quantidades de materiais combustíveis. Aço, aparelhos de rádio e som, armas, artigos de metal, gesso, esculturas de pedra, ferramentas, jóias, relógios, sabão, serralheria, suco de frutas, louças, máquinas
		I-2	Locais onde as atividades exercidas e os materiais utilizados apresentam médio potencial de incêndio. Locais com carga de incêndio entre 300 a 1.200MJ/m <sup>2</sup>	Artigos de vidro, automóveis, bebidas destiladas, instrumentos musicais, móveis, alimentos, marcenarias, fábricas de caixas
		I-3	Locais onde há alto risco de incêndio. Locais com carga de incêndio superior a 1.200 MJ/m <sup>2</sup>	Atividades industriais que envolvam inflamáveis, materiais oxidantes, ceras, espuma sintética, grãos, tintas, borracha, processamento de lixo

A usina terá 2 edificações, sendo ambas da ordem de 3 metros. A guarita, no entanto, possuirá um segundo pavimento no qual poderá haver circulação de funcionários para verificação de caminhões que chegam à usina, o que torna as edificações, guarita e prédio administrativo, do tipo II. Isso pode

ser verificado na Tabela 8-2. Portanto, deve-se considerar as edificações e a ocupação de risco baixo.

**Tabela 8-2 - Classificação das edificações quanto à altura**

Tipo	Denominação	Altura
I	Edificação Térrea	Um pavimento
II	Edificação Baixa	$H \leq 6,00 \text{ m}$
III	Edificação de Baixa-Média Altura	$6,00 \text{ m} < H \leq 12,00 \text{ m}$
IV	Edificação de Média Altura	$12,00 \text{ m} < H \leq 23,00 \text{ m}$
V	Edificação Mediamente Alta	$23,00 \text{ m} < H \leq 30,00 \text{ m}$
VI	Edificação Alta	Acima de 30,00 m

Para edificações de baixo risco, deve-se realizar o estudo da Carga de Incêndio, como se pode verificar na Tabela 8-3.

**Tabela 8-3 - Classificação das edificações quanto ao risco e a carga de incêndio**

Risco	Carga de Incêndio MJ/m <sup>2</sup>
Baixo	até 300MJ/m <sup>2</sup>
Médio	Entre 300 e 1.200MJ/m <sup>2</sup>
Alto	Acima de 1.200MJ/m <sup>2</sup>

Com esses dados anteriormente levantados, retiram-se da Tabela 8-4, as medidas de segurança necessárias para minimizar os riscos de incêndio e ações necessárias em caso de incêndio.

**Tabela 8-4 - Medidas de segurança necessárias para o grupo I-1**

Grupo de ocupação e Uso	GRUPO I – INDUSTRIAL					
	I-1 (risco baixo)					
Medidas de Segurança contra Incêndio	Classificação quanto à altura (em metros)					
	Térrea	H ≤ 6	6 < H ≤ 12	12 < H ≤ 23	23 < H ≤ 30	Acima de 30
Acesso de Viatura na Edificação	X	X	X	X	X	X
Segurança Estrutural contra Incêndio	X	X	X	X	X	X
Compartimentação Horizontal (áreas)	-	X <sup>1</sup>				
Compartimentação Vertical	-	-	-	X	X	X
Controle de Materiais de Acabamento	X	X	X	X	X	X
Saídas de Emergência	X	X	X	X	X	X <sup>2</sup>
Plano de Emergência	-	-	-	-	-	-
Brigada de Incêndio	X	X	X	X	X	X
Iluminação de Emergência	X	X	X	X	X	X
Detecção de Incêndio	-	-	-	-	-	X
Alarme de Incêndio	X	X	X	X	X	X
Sinalização de Emergência	X	X	X	X	X	X
Extintores	X	X	X	X	X	X
Hidrante e Mangotinhos	X	X	X	X	X	X
Chuveiros Automáticos	-	-	-	-	-	X
Controle de Fumaça	-	-	-	-	-	X <sup>3</sup>

**NOTAS ESPECÍFICAS:**

1 – Pode ser substituída por sistema de chuveiros automático;  
 2 – Deve haver Elevador de Emergência para altura maior que 60 m;  
 3 – Acima de 60 metros de altura.

**NOTAS GERAIS:**

a – As instalações elétricas e o SPDA devem estar em conformidade com as normas técnicas oficiais;  
 b – Para subsolos ocupados ver Tabela 7;  
 c – Observar ainda as exigências para os riscos específicos das respectivas Instruções Técnicas.

Logo, para atender o regulamento de segurança do CBPMESP, serão necessárias as seguintes medidas:

- a) Acesso de Viatura na Edificação: Estabelecer as condições mínimas para o acesso de viaturas de bombeiros nas edificações e áreas de risco, visando o emprego operacional do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo.
- b) Segurança Estrutural contra Incêndio: Projetar as edificações e sua construção de forma a se evite ou retarde a propagação do fogo e auxilie no trabalho de salvamento de pessoas nas edificações;
- c) Compartimentação Horizontal: Medidas de proteção passiva de forma a se criar elementos construtivos resistentes ao fogo nas edificações, separando os ambientes, de forma que o fogo seja contido em sua origem e não se alastre;
- d) Controle de materiais de acabamento: Utilização de produtos ou substâncias que, na presença de incêndio, dificultem a propagação de fogo e o desenvolvimento de fumaça;
- e) Saídas de Emergência: Correto posicionamento das saídas de emergência para que as pessoas possam abandonar as edificações em caso de incêndio ou pânico, protegidas em sua integridade física, e permitir o acesso de guarnições de bombeiros para o combate ao fogo ou retirada de pessoas;
- f) Brigada de incêndio: Definição de um grupo organizado de pessoas, voluntárias ou não, treinadas e capacitadas para atuar na prevenção, abandono da edificação, combate a um princípio de incêndio e prestar os primeiros socorros, dentro de uma área pré-estabelecida;
- g) Iluminação de emergência: Sistema que permite iluminar áreas de passagens na falta de iluminação normal;

- h) Alarme de incêndio: Dimensionamento dos sistemas de detecção e alarme de incêndio em local onde haja constante vigilância humana, de fácil visualização e audível em toda a edificação;
- i) Sinalização de Emergência: A sinalização de emergência faz uso de símbolos, mensagens e cores, que devem ser alocados convenientemente no interior da edificação e áreas de risco, orientando a população sobre como se comportar para evitar incêndios e colaborar para o combate ao fogo quando houver um;
- j) Extintores: Definição de extintores, portáteis ou sobre rodas, para combater princípios de incêndio, distribuídos de tal forma que o operador não percorra mais que 25 m para alcançá-lo;
- k) Dimensionamento, instalação, manutenção, aceitação e manuseio, bem como as características dos componentes de sistemas de hidrantes e mangotinhos para uso exclusivo de combate a incêndio;

Visando atender todas essas medidas, a usina terá espaço suficiente para a entrada de viaturas do corpo de bombeiros, tanto através da entrada principal quanto pela saída se necessário, além de possuir vias largas e áreas nas quais os veículos poderão realizar manobras internas. Todas as edificações são de pequenas dimensões, além de possuir compartimentação horizontal, principalmente o prédio de administração.

Todas as entradas, saídas e vias para veículos e pedestres serão devidamente sinalizadas, além de existir sinalização referencial de posicionamento de extintores e hidrantes. A usina também contará com um sistema integrado de comunicação, permitindo maior facilidade de transmissão de informações a respeito de emergências nas áreas internas à usina.

## 8.5 MEDIDAS DE REDUÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS

O processo de reciclagem do entulho na usina pode causar sérios impactos aos trabalhadores e à vizinhança do terreno, sendo necessária a avaliação dos mesmos de forma a reduzi-los ou até mesmo evitá-los se possível. Possíveis problemas incluem:

- a) Emissão de poeira, que pode causar problemas de saúde e de visibilidade dentro da usina;
- b) Odores desagradáveis;
- c) Perdas de material, tanto triado como o já processado;
- d) Ruído gerado pelos equipamentos;
- e) Poluição do solo;

Do exposto acima, pode-se citar algumas medidas a serem adotadas na usina de reciclagem, de forma a se reduzir os impactos sociais e ambientais, internos e externos à área da usina:

- a) Esteiras transportadoras e peneiras com enclausuramento de forma a se reduzir a emissão de pó (utilização de aspiradores de poeira);
- b) Utilização de lonas para cobrir o material estocado (tanto da área de triagem como do material já processado);
- c) Proteção anti-ruído do gerador de energia e do britador;
- d) Passagem do resíduo por uma peneira vibratória antes do triturador para separar o resíduo com menos de 50 mm, o que otimiza o processo e

colabora para a redução da produção de poeira, diminuindo a quantidade de resíduo triturado;

- e) Lavagem constante do solo e do pavimento de toda a área da usina, além das rodas dos equipamentos da usina (redução de material particulado no ar);
- f) Utilização de Cerca-viva, que além de proteger a usina dos ventos também diminui a propagação de ruídos e a temperatura, além de servir como efeito paisagístico;
- g) Utilização de sistema aspersor de água sobre as esteiras transportadoras e britador;

## **9. ANÁLISE FINANCEIRA**

### **9.1 PRECIFICAÇÃO**

Para iniciarmos a análise de viabilidade econômica da usina, inclusive precificando os valores de venda e recebimento de material na usina, precisamos realizar um estudo dos custos de implantação da usina levando em conta todos os projetos já citados em itens anteriores. Além disso devemos verificar futuras aquisições (maquinário, novas rampas, consumo de energia em final de plano, etc.) de forma a se ter uma correta análise financeira para o projeto da usina de RCD.

Para iniciar, abaixo podemos observar todos os custos relativos a cada um dos projetos, desde a drenagem e movimentação de terra até a aquisição de iluminação e equipamentos para a sede administrativa e guarita, junto de todas as hipóteses e valores adotados. Todos os valores de equipamentos e mão-de-obra foram levantados em conformidade com sites de fornecedores e

arquivos da CAIXA e TCPO (Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos). O que foi mais utilizado no projeto foi o ultimo item citado, o TCPO, que são tabelas com informações sobre composições de custos para o mercado da construção civil, de grande credibilidade devido a sua constante revisão pela PINI.

### 9.1.1 DRENAGEM

Para verificar os custos relativos à drenagem realizamos o estudo de cada um dos sub-itens relacionados ao projeto. As canaletas foram calculadas conforme a Tabela 9-1, onde é exibido o consumo de concreto para sua construção.

**Tabela 9-1 - Precificação das Canaletas**

Canaletas	Comprimento da Canaleta(m)	altura máxima da canaleta (m)	largura canaleta (m)	Altura da Base (m)	Altura das laterais (m)	Volume de Concreto (m <sup>3</sup> )
<b>C1</b>	116,37	0,5	0,5	0,05	0,05	8,15
<b>C2</b>	137,67	0,9	0,5	0,05	0,05	15,14
<b>C3</b>	53,9	1	0,5	0,05	0,05	6,47
<b>C4</b>	105,55	0,6	0,5	0,05	0,05	8,44
<b>C5</b>	87,53	0,8	0,5	0,05	0,05	8,75
<b>C6</b>	76,92	1	0,5	0,05	0,05	9,23
<b>C7</b>	104,3	1,3	0,5	0,05	0,05	15,65
					<b>Total =</b>	<b>71,83</b>
					R\$/m <sup>3</sup>	R\$ 269,10
					<b>Total (R\$)</b>	<b>R\$ 19.329,45</b>

O consumo de tubulações para a drenagem (PVC branco e Concreto) e seus respectivos valores por metro são exibidos na Tabela 9-2.

**Tabela 9-2 - Precificação das tubulações**

Diametro (mm)	Material		Preço R\$/m	Preço Total (R\$)
	PVC	Concreto		
100	179,12	0	R\$ 16,47	R\$ 2.964,60
150	4,87	0	R\$ 35,04	R\$ 175,20
200	0	67,64	R\$ 22,70	R\$ 1.543,60
300	0	54,86	R\$ 33,18	R\$ 1.824,90
400	0	52,69	R\$ 43,65	R\$ 2.313,45
500	0	15,42	R\$ 64,61	R\$ 1.033,76
			<b>Total (R\$) =</b>	<b>R\$ 9.855,51</b>

Os valores relativos aos Poços de Visita, Bocas de Lobo, Caixas de Areia e atividades de escavação são exibidas na Tabela 9-3. Nela consta também a quantidade de aço a ser utilizada em todo o projeto, para a construção das canaletas e dos PVs e Bocas de Lobo.

**Tabela 9-3 – Precificação dos poços de Visita, Bocas de Lobo, Caixas de Areia e atividades de escavação**

Item	Unidade	Quantidade	R\$/unid.	Total (R\$)
Tampão de Ferro para PV	unid.	10	R\$ 324,26	R\$ 3.242,60
Alvenaria para PV + concreto	$m^2$	48	R\$ 38,23	R\$ 1.834,80
Boca de Lobo (completa)	unid.	18	R\$ 179,80	R\$ 3.236,40
Aço CA 50	kg	10233,6	R\$ 3,26	R\$ 33.361,54
Escavação de Vala	$m^3$	1084,84	10,01	R\$ 10.859,25
Grelha para canaleta	$m$	682,24	R\$ 188,83	R\$ 128.827,38
Caixa de Areia	unid.	2	R\$ 1.987,70	R\$ 3.975,40
			<b>Total (R\$) =</b>	<b>R\$ 185.337,36</b>
				<b>Total Drenagem (R\$) = R\$ 214.522,33</b>

### 9.1.2 MOVIMENTAÇÃO DE TERRA

Como citado anteriormente no item de mesmo nome, a movimentação de terra será realizada para auxiliar a drenagem superficial da usina permitindo o uso adequado de todos os maquinários da mesma. Para o levantamento de custos, levamos em consideração que a movimentação de terra será realizada diariamente por 8 horas (com exceção de finais de semana e feriados).

Levamos em conta um fator de empolamento de 0,8 para o solo, de forma que a quantidade levantada anteriormente está corrigida e exibida na Tabela 9-4, junto dos valores correspondentes.

Do calculado, o total de dias de trabalho será de 33 dias, com a utilização de 2 retroescavadeiras (uma com carregadeira) e 3 rolos compressores. Desses rolos compressores, 2 são lisos (sendo um deles vibratório) e um é pé de carneiro, para auxiliar na compactação dos finos. Além disso, adotamos uma quantidade de pedra britada que será utilizada nas camadas superficiais de compactação de forma a dar maior resistência.

**Tabela 9-4 - Precificação da movimentação de terra**

Item	Unidade	Quantidade	R\$/unid.	Total (R\$)
Material para aterro com frete	$m^3$	20528,50	8,70	R\$ 178.597,95
Pedra britada graduada	$m^3$	2566,06	50,93	R\$ 130.689,56
Retroescavadeira com Carregadeira	hora	264,00	72,90	R\$ 19.245,60
Retroescavadeira sobre rodas	hora	264,00	81,00	R\$ 21.384,00
Rolo compactador liso vibratorio	hora	264,00	63,16	R\$ 16.674,24
Rolo compactador pé de carneiro vibratorio	hora	264,00	63,16	R\$ 16.674,24
Rolo compactador estático liso	hora	264,00	51,93	R\$ 13.709,52
Material para Rampa dos equip. com frete	$m^3$	286,46	8,70	R\$ 2.492,22
<b>total (R\$)</b>				<b>R\$ 399.467,34</b>

### 9.1.3 ILUMINAÇÃO EXTERNA

Conforme o projeto de iluminação externa exibido anteriormente, obtivemos a seguinte estimativa de custos, expressa na Tabela 9-5.

**Tabela 9-5 – Precificação da iluminação externa**

Item	Unidade	Quantidade	R\$/unid.	Total (R\$)
Poste de concreto circular 7m	unid.	16	R\$ 238,97	R\$ 3.823,52
Eletroduto + Fiação	$m$	555,98	R\$ 4,11	R\$ 2.285,08
Lâmpada Philips	unid.	16	R\$ 24,04	R\$ 384,64
Soquete para Lâmpada	unid.	16	R\$ 26,89	R\$ 430,24
<b>Total (R\$) =</b>				<b>R\$ 6.923,48</b>

### 9.1.4 RADIER

O levantamento de custos para a construção dos radiers dos equipamentos levou em conta o projeto de fundação exposto anteriormente, bem como a adoção de uma camada de lastro de brita graduada obrigatória abaixo do radier, na região radier-solo. Os valores obtidos podem ser observados na Tabela 9-6.

**Tabela 9-6 - Precificação do Radier**

Item	Unidade	Quantidade	R\$/unid.	Total (R\$)
Concreto para lajes	$m^3$	4,48	R\$ 269,10	R\$ 1.205,57
Armadura para lajes	kg	14,14	R\$ 3,26	R\$ 46,10
Pedra britada graduada	$m^3$	8,60	R\$ 50,93	R\$ 438,00
				<b>Total (R\$) = R\$ 1.251,66</b>

### 9.1.5 EQUIPAMENTOS DE MOVIMENTAÇÃO INTERNA

Além do maquinário de reciclagem, são necessários alguns equipamentos para a movimentação do material triado e do material processado pela usina. Dessa forma decidiu-se adotar no início de plano os equipamentos expostos na Tabela 9-7, com a utilização de 3 pás-carregadeiras de diferentes potências, uma maior para levar o material triado até o equipamento de reciclagem, uma intermediária para pegar o material processado de separá-lo em áreas pré-definidas e uma menor para carregar os caminhões que cheguem à usina.

Caso não haja carregamento de material, a pá-carregadeira menor pode auxiliar na execução de uma das outras duas tarefas citadas anteriormente. Ainda houve a seleção de uma balança rodoviária eletrônica para realizar a pesagem dos caminhões que chegam e saem da usina.

**Tabela 9-7 – Precificação de maquinário de uso interno**

Item	Unidade	Quantidade	R\$/unid.	Total (R\$)
Pá Carregadeira Caterpillar 180 HP	unid.	1	R\$ 619.137,12	R\$ 619.137,12
Pá Carregadeira Caterpillar 145 HP	unid.	1	R\$ 462.530,98	R\$ 462.530,98
Pá Carregadeira Caterpillar 105 HP	unid.	1	R\$ 329.600,00	R\$ 329.600,00
Balança Rodoviária Eletrônica	unid.	1	R\$ 32.500,00	R\$ 32.500,00
				<b>Total (R\$) = R\$ 1.443.768,10</b>

Para a expansão, deve-se prever a aquisição de mais dois maquinários, um maior para levar o material triado à segunda máquina de reciclagem e um outro intermediário para recolher o material processado e separá-lo em área pré-definida. Podemos citar também a possibilidade de se utilizar um destes maquinários intermediários no auxílio do maquinário menor para realizar o carregamento, caso seja necessário, e vice-versa, com a utilização do maquinário menor no auxílio dos intermediários na separação de material já processado.

Também deve-se levar em conta a possibilidade de mudanças neste cenário adotado conforme a operação da usina se der durante os anos, com a possibilidade de mudança de aquisição do tipo e porte dos equipamentos conforme a necessidade verificada.

### **9.1.6 PAVIMENTAÇÃO**

A pavimentação será executada com blocos intertravados em toda sua extensão, o que permite o tráfego de veículos leves e pesados sem dificuldades de movimentação ou problemas decorrentes de má execução de camadas asfálticas. O projeto levou em conta a execução de pavimento com um reforço de base com solo laterítico de 20 centímetros e na camada superior a utilização de brita graduada simples com 15 centímetros de espessura, além da areia para assentamento com 5 centímetros de espessura e travamento dos blocos também com areia. Os valores da precificação da pavimentação se encontram na Tabela 9-8.

**Tabela 9-8 - Precificação da pavimentação**

Item	Unidade	Quantidade	R\$/unid.	Total (R\$)
<b>Meio fio com sarjeta</b>	<i>m</i>	635,42	R\$ 17,25	R\$ 10.961,00
<b>Solo Laterítico</b>	<i>m<sup>3</sup></i>	741	R\$ 33,55	R\$ 24.860,55
<b>Brita Graduada Simples</b>	<i>m<sup>3</sup></i>	555,75	R\$ 50,93	R\$ 28.304,35
<b>Areia de Assentamento</b>	<i>m<sup>3</sup></i>	185,3	R\$ 40,12	R\$ 7.433,87
<b>Guia de concreto</b>	<i>m</i>	635,42	R\$ 19,50	R\$ 12.390,69
<b>Bloco intertravado de 8 cm</b>	<i>m<sup>2</sup></i>	3705	R\$ 26,00	R\$ 96.330,00
				<b>Total (R\$) = R\$ 180.280,45</b>

### 9.1.7 ADMINISTRAÇÃO E GUARITA

Com relação ao levantamento de materiais para a execução do prédio da administração e da guarita, deve-se separar por subitens dos projetos que estes têm como base. Foi feito para essas estruturas de alvenaria o levantamento do material estrutural como blocos, lajes e fundação. Levantamento do material empregue no projeto hidráulico, como toda a tubulação, conexões e assessórios. Também foi feito o levantamento de todo o projeto de esgoto, sendo levantadas os tubos condutores, caixas de passagem, etc. E por fim o levantamento do projeto elétrico, e outros materiais diversos. A precificação de tudo levantado está apresentado na Tabela 9-9.

**Tabela 9-9 – Precificação da execução do prédio administrativo e da guarita**

<b>Estrutura e Alvenaria</b>				
<b>Item</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quantidade</b>	<b>R\$/unid.</b>	<b>Total (R\$)</b>
Blocos de Concreto 15X20X15cm	unid.	332	R\$ 1,74	R\$ 577,68
Blocos de Concreto 15X20X30cm	unid.	7236	R\$ 3,09	R\$ 22.359,24
Blocos de Concreto 15X20X45cm	unid.	198	R\$ 2,45	R\$ 485,10
Argamassa de Assentamento	kg	1125	R\$ 1,26	R\$ 1.417,50
Concreto para lajes	$m^3$	32,34	R\$ 269,10	R\$ 8.702,69
armadura CA-50 $\phi=6,3\text{mm}$	kg	102,08	R\$ 3,26	R\$ 332,78
vigotas pré-moldadas L=5,7m	unid.	19	R\$ 60,04	R\$ 1.140,76
lajotas de cerâmicas p/ preenchimento de lajes	unid.	783	R\$ 1,02	R\$ 798,66
vigotas pré-moldadas L=3,6m	unid.	24	R\$ 25,02	R\$ 600,48
vigotas pré-moldadas L=3,0m	unid.	20	R\$ 20,85	R\$ 417,00
vigotas pré-moldadas L=1,2m	unid.	16	R\$ 8,34	R\$ 133,44
vigotas pré-moldadas L=2,55m	unid.	16	R\$ 17,72	R\$ 283,56
vigotas pré-moldadas L=3,45m	unid.	19	R\$ 23,98	R\$ 455,57
<b>Sapata Corrida</b>				
<b>Item</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quantidade</b>	<b>R\$/unid.</b>	<b>Total (R\$)</b>
impermeabilizante plástico	$m^2$	161,5	R\$ 3,98	R\$ 642,34
brita	$m^3$	9,6	R\$ 50,93	R\$ 489,28
concreto fck = 25MPa	$m^3$	12,1	R\$ 290,35	R\$ 3.515,99
Argamassa de assentamento (1:3)	$m^3$	0,4	R\$ 1,39	R\$ 0,54
armadura CA-50 $\phi=8\text{mm}$	kg	53,8	R\$ 3,26	R\$ 175,45
blocos 19X19X39cm	unid.	1076,4	R\$ 3,09	R\$ 3.326,08
<b>Sistema predial de água fria</b>				
<b>Item</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quantidade</b>	<b>R\$/unid.</b>	<b>Total (R\$)</b>
tubos $\phi=25\text{mm PVC}$	$m$	50	R\$ 2,27	R\$ 113,50
Adaptado PVC soldável c/ bolsa e rosca 25mm x1/2"	unid.	4	R\$ 0,50	R\$ 2,00
Joelhos PVC soldáveis 90º x 25mm	unid.	20	R\$ 0,44	R\$ 8,80
Juntas Tê PVC soldáveis 90º x 25mm	unid.	20	R\$ 2,25	R\$ 45,00
Caixas d'água PE 1m <sup>3</sup>	unid.	3	R\$ 228,29	R\$ 684,87
Registros de Gaveta com canopla 1/2"	unid.	4	R\$ 21,15	R\$ 84,60
Vaso sanitário padrão popular	unid.	5	R\$ 89,90	R\$ 449,50
Torneiras lavabo	unid.	3	R\$ 22,34	R\$ 67,02
Torneira cozinha	unid.	1	R\$ 18,21	R\$ 18,21
Chuveiro Elétrico	unid.	3	R\$ 39,90	R\$ 119,70
Pia aco inoxidável 130 x 60 cm	unid.	1	R\$ 132,43	R\$ 132,43
Lavatório padrão popular	unid.	3	R\$ 40,36	R\$ 121,08
Joelho PVC soldável c/ bucha de latão 90º x 25mm x 1/2"	unid.	8	R\$ 4,48	R\$ 35,84
<b>Sistema predial de Esgoto</b>				
<b>Item</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quantidade</b>	<b>R\$/unid.</b>	<b>Total (R\$)</b>
Conduto de esgoto $\phi=100\text{mm PVC}$	$m$	48	R\$ 7,96	R\$ 382,08
Ramal de descarga $\phi=75\text{mm PVC}$	$m$	20	R\$ 6,45	R\$ 129,00
Joelhos	unid.	20	R\$ 15,34	R\$ 306,80
Juntas 45º (3 pontas $\phi=75$ e $\phi=100\text{mm}$ )	unid.	4	R\$ 6,11	R\$ 24,44
Caixas de gordura TIGRE	unid.	1	R\$ 26,74	R\$ 26,74
Caixas de passagem TIGRE	unid.	4	R\$ 21,36	R\$ 85,44
Sifão (pia+lavabos)	unid.	4	R\$ 64,26	R\$ 257,04
Juntas 45º (3 pontas $\phi=100\text{mm}$ )	unid.	4	R\$ 9,23	R\$ 36,92
<b>Outros Itens</b>				
<b>Item</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quantidade</b>	<b>R\$/unid.</b>	<b>Total (R\$)</b>
Porta de madeira	unid.	8	R\$ 96,00	R\$ 768,00
Aparelho de Ar-Condicionado	unid.	5	R\$ 799,00	R\$ 3.995,00
Escada Caracol	unid.	1	R\$ 790,00	R\$ 790,00
Móveis e Equipamentos de Escritório	unid.	1	R\$ 20.000,00	R\$ 20.000,00
Eletroduto + Fiação	$m$	81,7	R\$ 3,37	R\$ 275,74
Quadro de distribuição	unid.	2	R\$ 125,82	R\$ 251,64
Lâmpadas Fluorescentes	unid.	27	R\$ 22,10	R\$ 596,70
			<b>Total (R\$) =</b>	<b>R\$ 75.662,24</b>

### 9.1.8 OPERÁRIOS NA CONSTRUÇÃO

A construção da Guarita e do prédio da Administração necessitarão de mão de obra específica, cada trabalhador trabalhando 8 horas por dia num período de 30 dias. Os resultados obtidos podem ser vistos na Tabela 9-10.

**Tabela 9-10 - Precificação da Mão de obra utilizada na construção da guarita e do prédio da administração**

Item	Unidade	Quantidade	R\$/unid.	Total (R\$)
<b>Pedreiro</b>	<i>hora</i>	960	R\$ 11,94	R\$ 11.462,40
<b>Pintor</b>	<i>hora</i>	160	R\$ 11,94	R\$ 1.910,40
<b>Encanador</b>	<i>hora</i>	160	R\$ 11,94	R\$ 1.910,40
<b>Servente</b>	<i>hora</i>	1440	R\$ 10,01	R\$ 14.414,40
<b>Serralheiro</b>	<i>hora</i>	240	R\$ 11,94	R\$ 2.865,60
<b>Total (R\$) =</b>				<b>R\$ 32.563,20</b>

### 9.1.9 USINA

A aquisição do terreno não implicará em mais custos uma vez que as prefeituras nos informaram que o mesmo seria cedido ao projeto e, portanto, seu custo seria de R\$ 0,00. Já os outros equipamentos, placas do projeto de sinalização, material para fazer o projeto de cerca viva, etc que são necessários para a usina tem seus custos expostos na Tabela 9-11.

**Tabela 9-11 – Precificação de outros insumos que devem ser comprados para a operação da usina**

Item	Unidade	Quantidade	R\$/unid.	Total (R\$)
Portão de Ferro	unid.	2	R\$ 1.172,87	R\$ 2.345,74
Cerca Viva	unid.	7030	R\$ 0,50	R\$ 3.515,00
Terra adubada	ton.	9	R\$ 500,00	R\$ 4.500,00
Calçadas	m <sup>2</sup>	339,03	R\$ 30,17	R\$ 10.228,44
Sinalização Horizontal - Tinta	litro	36	R\$ 27,17	R\$ 978,12
Placas R-19	unid.	4	R\$ 42,00	R\$ 168,00
Placas R-1	unid.	1	R\$ 42,00	R\$ 42,00
Placas A-15	unid.	2	R\$ 42,00	R\$ 84,00
Placas R-33	unid.	2	R\$ 42,00	R\$ 84,00
Placas informativas 1,60X1,00	unid.	3	R\$ 600,00	R\$ 1.800,00
Placas informativas 1,60X0,50	unid.	1	R\$ 350,00	R\$ 350,00
Extintor de Incêndio - gás carbônico	unid.	5	R\$ 100,86	R\$ 504,30
Extintor de Incêndio - água	unid.	5	R\$ 78,04	R\$ 390,20
Extintor de Incêndio - Pó químico	unid.	5	R\$ 275,93	R\$ 1.379,65
Tubulação de Água	m	406	R\$ 8,23	R\$ 3.341,38
Tubulação de Esgoto	m	111	R\$ 16,47	R\$ 1.828,17
EPI	unid.	23	R\$ 37,00	R\$ 843,60
<b>Total (R\$) =</b>				<b>R\$ 32.382,60</b>

### 9.1.10 MÃO DE OBRA DA USINA

Para a elaboração da quantidade de mão de obra necessária para o correto funcionamento da usina em início de plano utilizamos as taxas de produtividade fornecidas pelo TCPO, e no cálculo dos encargos utilizamos o BDI (Benefício e despesas indiretas), também fornecido pelo TCPO. Os resultados podem ser observados na Tabela 9-12.

**Tabela 9-12 – Precificação da mão de obra necessária para a operação da usina**

Função	Quantidade	R\$	R\$ com impostos	Total (R\$)
Operador de Pá-Carregadeira	3	R\$ 1.500,00	R\$ 2.285,10	R\$ 6.855,30
Operador de Britadeira	1	R\$ 1.500,00	R\$ 2.285,10	R\$ 2.285,10
Porteiro	1	R\$ 1.200,00	R\$ 1.890,00	R\$ 1.890,00
Vigia	3	R\$ 1.200,00	R\$ 1.890,00	R\$ 5.670,00
Jardineiro	1	R\$ 1.100,00	R\$ 1.732,50	R\$ 1.732,50
Secretária	1	R\$ 1.600,00	R\$ 2.360,00	R\$ 2.360,00
Engenheiro/Supervisor	1	R\$ 7.000,00	R\$ 9.030,00	R\$ 9.030,00
Auxiliar Técnico	1	R\$ 2.800,00	R\$ 3.796,80	R\$ 3.796,80
Ajudante de Triagem	6	R\$ 900,00	R\$ 1.485,00	R\$ 8.910,00
Faxineira/Copeira	1	R\$ 900,00	R\$ 1.485,00	R\$ 1.485,00
<b>Total (R\$) =</b>				<b>R\$ 44.014,70</b>

### 9.1.11 ENERGIA ELÉTRICA

O preço da energia elétrica na região de implantação da usina foi obtido junto à AES Eletropaulo, cujo valor para o tipo de empreendimento é de R\$ 0,239/kWh. Adotando-se uma jornada de trabalho de 8 horas diárias, com 260 dias úteis no ano, e a demanda elétrica obtida para final de plano de 242 kW teríamos um valor de R\$ 120.303,04/ano. Sabendo-se que até a primeira fase a demanda será menor do que a obtida para final de plano, cujo valor calculado subtrai-se a potência do segundo maquinário, teríamos uma demanda elétrica instalada de 191 kW, e sendo assim teríamos um valor de R\$ 94.949,92/ano.

### 9.1.12 ÁGUA E ESGOTO

O cálculo do consumo de água leva em conta não apenas os maquinários e edifícios de apoio como também irrigação e limpeza de áreas externas. Uma estimativa de consumo de água para cada tonelada de material processada ao mês, obtidos de usinas previamente construídas, gira em torno de 0,3 a 0,6 m<sup>3</sup>/ton. Os edifícios de apoio consomem em média 50 litros per capita e a área de jardim consome 1,5 litro/m<sup>2</sup>. O cálculo final do consumo de água está apresentado na Tabela 9-14.

As tarifas de água e esgoto foram obtidas junto à SABESP, e podem ser observadas na tabela 9-13, definidas para empreendimentos do tipo industrial.

**Tabela 9-13 – Tarifas de água e esgoto. FONTE: SABESP**

Classes de consumo m <sup>3</sup> /mês	Tarifas de água - R\$	Tarifas de esgoto - R\$
<b>Industrial</b>		
0 a 10	32,75 /mês	32,75 /mês
11 a 20	6,37 / m <sup>3</sup>	6,37 / m <sup>3</sup>
21 a 50	12,21 / m <sup>3</sup>	12,21 / m <sup>3</sup>
acima de 50	12,72 / m <sup>3</sup>	12,72 / m <sup>3</sup>

**Tabela 9-14 – Cálculo do consumo de água para fim de projeto e seu custo**

Ano	Taboão da Serra Corrigido(t/h)	Produção (t/ano)	Consumo de água (m <sup>3</sup> /ano)	Custo de água (R\$/ano)	Custo de esgoto (R\$/ano)
2015	61	127.488	7.724	R\$ 98.253	R\$ 98.253
2016	64	132.430	8.021	R\$ 102.024	R\$ 102.024
2017	66	137.553	8.328	R\$ 105.935	R\$ 105.935
2018	69	142.866	8.647	R\$ 109.989	R\$ 109.989
2019	71	148.373	8.977	R\$ 114.192	R\$ 114.192
2020	74	154.082	9.320	R\$ 118.549	R\$ 118.549
2021	77	160.000	9.675	R\$ 123.066	R\$ 123.066
2022	80	166.133	10.043	R\$ 127.747	R\$ 127.747
2023	83	172.489	10.424	R\$ 132.598	R\$ 132.598
2024	86	179.076	10.820	R\$ 137.625	R\$ 137.625
2025	89	185.901	11.229	R\$ 142.834	R\$ 142.834
2026	93	192.972	11.653	R\$ 148.231	R\$ 148.231
2027	96	200.298	12.093	R\$ 153.822	R\$ 153.822
2028	100	207.887	12.548	R\$ 159.613	R\$ 159.613
2029	104	215.747	13.026	R\$ 165.689	R\$ 165.689
2030	108	223.889	13.514	R\$ 171.902	R\$ 171.902
2031	112	232.319	14.020	R\$ 178.337	R\$ 178.337
2032	116	241.050	14.544	R\$ 185.000	R\$ 185.000
2033	120	250.089	15.086	R\$ 191.898	R\$ 191.898
2034	125	259.448	15.648	R\$ 199.041	R\$ 199.041
2035	129	269.136	16.229	R\$ 206.435	R\$ 206.435

Como podemos observar, o consumo de água será maior do que 50 m<sup>3</sup> ao mês, o que coloca nosso empreendimento na última faixa dos empreendimentos industriais, com valor de R\$ 12,72 a cada m<sup>3</sup> de água e esgoto.

### 9.1.13 CONSUMO DE COMBUSTÍVEL

O cálculo do consumo de combustível levará em conta um consumo médio de 8 litros de óleo diesel por hora para as pás-carregadeiras (ATHAYDE et al, 2000). O preço médio do óleo diesel na região é de R\$ 2,299, obtido em pesquisa realizada junto à ANP<sup>16</sup>. O gasto anual de cada pá carregadeira,

<sup>16</sup> [http://www.anp.gov.br/preco/prc/Resumo\\_Por\\_Municipio\\_Posto.asp](http://www.anp.gov.br/preco/prc/Resumo_Por_Municipio_Posto.asp)

executando serviços por 8 horas por dia, 260 dias úteis, é de R\$ 38.255,36. Para as 3 pás a serem adquiridas, o valor é de R\$ 114.766,08.

#### **9.1.14 OUTROS GASTOS**

Podemos citar ainda a necessidade de se realizar manutenções periódicas em todos os equipamentos da usina, em especial as pás-carregadeiras que serão adquiridas. Dessa forma, deve-se incluir os valores médios de custo de manutenção das mesmas, obtido junto ao fabricante e estimado em aproximadamente R\$ 12.000,00 por maquinário, ou seja, R\$ 36.000,00 anuais.

Ainda deve-se incluir os custos do licenciamento ambiental, estimados na faixa de R\$ 20.000,00 e custos de manutenção de outros equipamentos e instalações, orçados na faixa de R\$ 25.000,00 anuais.

### **9.2 VIABILIDADE ECONÔMICA**

O estudo de viabilidade econômica inicia-se com a somatória de todos os custos envolvidos na construção, operação e manutenção da usina, como pode ser observado na Tabela 9-15 e Tabela 9-16. O valor a ser desembolsado para a implantação do empreendimento é equivalente a R\$ 3.788.057,72 no primeiro ano, porém, foram consideradas as despesas nos anos subsequentes devido à necessidade de pagamentos de alguns custos fixos e variáveis, como manutenção, mão de obra e consumo de água e esgoto.

Como previsto no planejamento, no ano de 2029 faz-se necessário o desembolso de uma quantia equivalente a R\$ 2.226.202,14 (em valores atuais, o valor corrigido monetariamente será mostrado mais adiante) devido à aquisição de um novo maquinário e a construção de suas fundações. Além

disso, foi considerado um aumento nos gastos de mão de obra devido à contratação de mais trabalhadores e um aumento significativo nos gastos com energia elétrica (demanda elétrica total é atingida) e de combustível (devido à aquisição de mais duas pás-carregadeiras).

Para realizarmos o estudo de viabilidade econômica corretamente, primeiro precisaram-se definir alguns dados relevantes ao mesmo e elaborar alguns cenários possíveis. Primeiramente, o preço de venda do material reciclado, segundo pesquisa realizada, oscila entre R\$ 17,00 e R\$ 25,00<sup>17</sup>. Ou seja, adotaremos um valor médio de R\$ 21,00 nos cálculos a serem realizados juntos dos valores de máximo e mínimo. Ainda, devemos citar a possibilidade de cobrar pelo recebimento do material, que pode variar enormemente, mas geralmente encontra-se na faixa de R\$ 7,00 a R\$ 11,00.

A seguir são exibidos e detalhados os cenários econômicos estudados no projeto. Ao final podem-se observar na Tabela 9-23 os resultados obtidos com relação à razão Custo-Benefício e Payback levando-se em conta diferentes valores de recebimento e venda do material. Deve-se esclarecer que a razão Custo-Benefício foi calculada com a Equação 9-1.

$$R_{C-B} = \frac{\sum \text{Benefícios}}{\sum \text{Custos}} \quad (\text{Equação 9-1})$$

Onde:

- $\sum \text{Benefícios}$  é a somatória de todos os valores a se obter nos 20 anos de projeto, trazidos para valor presente;
- $\sum \text{Custos}$  é a somatória de todos os custos a se obter nos 20 anos de projeto, trazidos para valor presente;

A taxa de juros comumente empregada é de 5,5% ao ano, sendo esta a que foi empregada na análise. A razão Custo-Benefício deve ser

---

<sup>17</sup> <http://inac.org.br/crcd1/primeira-usina-de-reciclagem-de-entulho-de-osasco/>

obrigatoriamente maior do que 1, caso contrário o empreendimento não terá o retorno desejado. Ou seja, não cobririam os custos de implantação e custos anuais com as receitas geradas.

**Tabela 9-15 – Custos pontuais de investimento no primeiro ano, 2015, e custos de expansão da usina no ano de 2029.**

Ano	Maquinário	Drenagem	Movimentação de Terra	Illuminação Externa	Radier	Equipamentos de Movimentação Interna	Pavimentação	Administração e Guarita	Operários na Construção	Usina
2015	R\$ 870.000,00	R\$ 214.522,33	R\$ 399.467,34	R\$ 6.923,48	R\$ 1.251,66	R\$ 1.443.768,10	R\$ 180.280,45	R\$ 75.662,24	R\$ 32.563,20	R\$ 32.382,60
2016										
2017										
2018										
2019										
2020										
2021										
2022										
2023										
2024										
2025										
2026										
2027										
2028										
2029	R\$ 360.000,00				R\$ 1.251,66	R\$ 1.081.668,10				
2030										
2031										
2032										
2033										
2034										
2035										

**Tabela 9-16 – Custos variáveis de operação da Usina no período de 20 anos**

Ano	Mão de Obra da Usina	Energia Elétrica	Consumo de Água	Tarifa de Esgoto	Combustível	Outros	Total (R\$)
2015	R\$ 44.014,70	R\$ 94.949,92	R\$ 98.252,81	R\$ 98.252,81	R\$ 114.766,08	R\$ 81.000,00	R\$ 3.790.072,72
2016	R\$ 44.014,70	R\$ 94.949,92	R\$ 102.024,20	R\$ 102.024,20	R\$ 114.766,08	R\$ 61.000,00	R\$ 520.795,09
2017	R\$ 44.014,70	R\$ 94.949,92	R\$ 105.934,67	R\$ 105.934,67	R\$ 114.766,08	R\$ 61.000,00	R\$ 528.617,05
2018	R\$ 44.014,70	R\$ 94.949,92	R\$ 109.989,04	R\$ 109.989,04	R\$ 114.766,08	R\$ 61.000,00	R\$ 536.726,79
2019	R\$ 44.014,70	R\$ 94.949,92	R\$ 114.192,25	R\$ 114.192,25	R\$ 114.766,08	R\$ 61.000,00	R\$ 545.134,20
2020	R\$ 44.014,70	R\$ 94.949,92	R\$ 118.549,39	R\$ 118.549,39	R\$ 114.766,08	R\$ 61.000,00	R\$ 553.849,48
2021	R\$ 44.014,70	R\$ 94.949,92	R\$ 123.065,72	R\$ 123.065,72	R\$ 114.766,08	R\$ 61.000,00	R\$ 562.883,13
2022	R\$ 44.014,70	R\$ 94.949,92	R\$ 127.746,65	R\$ 127.746,65	R\$ 114.766,08	R\$ 61.000,00	R\$ 572.245,99
2023	R\$ 44.014,70	R\$ 94.949,92	R\$ 132.597,76	R\$ 132.597,76	R\$ 114.766,08	R\$ 61.000,00	R\$ 581.949,22
2024	R\$ 44.014,70	R\$ 94.949,92	R\$ 137.624,80	R\$ 137.624,80	R\$ 114.766,08	R\$ 61.000,00	R\$ 592.004,30
2025	R\$ 44.014,70	R\$ 94.949,92	R\$ 142.833,69	R\$ 142.833,69	R\$ 114.766,08	R\$ 61.000,00	R\$ 602.423,08
2026	R\$ 44.014,70	R\$ 94.949,92	R\$ 148.230,53	R\$ 148.230,53	R\$ 114.766,08	R\$ 61.000,00	R\$ 613.217,76
2027	R\$ 44.014,70	R\$ 94.949,92	R\$ 153.821,60	R\$ 153.821,60	R\$ 114.766,08	R\$ 61.000,00	R\$ 624.400,90
2028	R\$ 44.014,70	R\$ 94.949,92	R\$ 159.613,35	R\$ 159.613,35	R\$ 114.766,08	R\$ 61.000,00	R\$ 635.985,41
2029	R\$ 55.325,00	R\$ 120.303,04	R\$ 165.688,77	R\$ 165.688,77	R\$ 191.276,80	R\$ 85.000,00	R\$ 2.228.231,14
2030	R\$ 55.325,00	R\$ 120.303,04	R\$ 171.902,05	R\$ 171.902,05	R\$ 191.276,80	R\$ 85.000,00	R\$ 797.738,94
2031	R\$ 55.325,00	R\$ 120.303,04	R\$ 178.336,56	R\$ 178.336,56	R\$ 191.276,80	R\$ 85.000,00	R\$ 810.608,96
2032	R\$ 55.325,00	R\$ 120.303,04	R\$ 184.999,55	R\$ 184.999,55	R\$ 191.276,80	R\$ 85.000,00	R\$ 823.935,94
2033	R\$ 55.325,00	R\$ 120.303,04	R\$ 191.898,46	R\$ 191.898,46	R\$ 191.276,80	R\$ 85.000,00	R\$ 837.734,77
2034	R\$ 55.325,00	R\$ 120.303,04	R\$ 199.040,97	R\$ 199.040,97	R\$ 191.276,80	R\$ 85.000,00	R\$ 852.020,78
2035	R\$ 55.325,00	R\$ 120.303,04	R\$ 206.434,94	R\$ 206.434,94	R\$ 191.276,80	R\$ 85.000,00	R\$ 866.809,72

## 9.2.1 CENÁRIO 1

Para o cenário 1, adotamos os valores médios de recebimento e venda dos agregados, R\$ 9,00 e R\$ 21,00 respectivamente, para realizarmos nosso estudo de viabilidade econômica. Lembrando que foram considerados 100% do material processado sendo vendido e destinado a clientes que não sejam as prefeituras do consórcio. Deve-se notar da tabela 9-17, que a quantidade de material recebido difere da de material processado em 10%, que é a estimativa obtida por ANGULO (2011), de 90% do material recebido ser processado devidamente para se tornar agregado.

**Tabela 9-17 – Receita e fluxo de caixa estimados para o CENÁRIO 1.**

Ano	Material Recebido (t/ano)	Receita Recebimento (R\$)	Material Processado (t/ano)	Receita Processamento (R\$)	Custos (R\$)	Receita Líquida Anual (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
2015	141653	R\$ 1.274.880	127488	R\$ 2.677.247	<b>-R\$ 3.788.058</b>	R\$ 164.069	R\$ 164.069
2016	147144	R\$ 1.397.131	132430	R\$ 2.933.976	<b>-R\$ 547.312</b>	R\$ 3.783.795	R\$ 3.947.864
2017	152837	R\$ 1.531.003	137553	R\$ 3.215.105	<b>-R\$ 586.119</b>	R\$ 4.159.989	R\$ 8.107.853
2018	158740	R\$ 1.677.587	142866	R\$ 3.522.933	<b>-R\$ 627.877</b>	R\$ 4.572.643	R\$ 12.680.496
2019	164859	R\$ 1.838.081	148373	R\$ 3.859.970	<b>-R\$ 672.824</b>	R\$ 5.025.226	R\$ 17.705.723
2020	171202	R\$ 2.013.790	154082	R\$ 4.228.960	<b>-R\$ 721.219</b>	R\$ 5.521.531	R\$ 23.227.253
2021	177777	R\$ 2.206.143	160000	R\$ 4.632.901	<b>-R\$ 773.341</b>	R\$ 6.065.704	R\$ 29.292.957
2022	184592	R\$ 2.416.701	166133	R\$ 5.075.072	<b>-R\$ 829.493</b>	R\$ 6.662.280	R\$ 35.955.237
2023	191655	R\$ 2.647.169	172489	R\$ 5.559.054	<b>-R\$ 890.005</b>	R\$ 7.316.217	R\$ 43.271.455
2024	198973	R\$ 2.899.409	179076	R\$ 6.088.759	<b>-R\$ 955.234</b>	R\$ 8.032.935	R\$ 51.304.389
2025	206557	R\$ 3.175.459	185901	R\$ 6.668.463	<b>-R\$ 1.025.567</b>	R\$ 8.818.355	R\$ 60.122.745
2026	214414	R\$ 3.477.541	192972	R\$ 7.302.836	<b>-R\$ 1.101.424</b>	R\$ 9.678.953	R\$ 69.801.698
2027	222554	R\$ 3.808.085	200298	R\$ 7.996.978	<b>-R\$ 1.183.262</b>	R\$ 10.621.801	R\$ 80.423.498
2028	230986	R\$ 4.169.743	207887	R\$ 8.756.460	<b>-R\$ 1.271.575</b>	R\$ 11.654.628	R\$ 92.078.126
2029	239719	R\$ 4.565.413	215747	R\$ 9.587.368	<b>-R\$ 4.710.847</b>	R\$ 9.441.934	R\$ 101.520.060
2030	248765	R\$ 4.998.259	223889	R\$ 10.496.344	<b>-R\$ 1.776.402</b>	R\$ 13.718.201	R\$ 115.238.261
2031	258133	R\$ 5.471.735	232319	R\$ 11.490.642	<b>-R\$ 1.904.414</b>	R\$ 15.057.964	R\$ 130.296.225
2032	267833	R\$ 5.989.611	241050	R\$ 12.578.184	<b>-R\$ 2.042.269</b>	R\$ 16.525.526	R\$ 146.821.751
2033	277877	R\$ 6.556.006	250089	R\$ 13.767.613	<b>-R\$ 2.190.764</b>	R\$ 18.132.856	R\$ 164.954.607
2034	288275	R\$ 7.175.413	259448	R\$ 15.068.368	<b>-R\$ 2.350.763</b>	R\$ 19.893.018	R\$ 184.847.624
2035	299040	R\$ 7.852.737	269136	R\$ 16.490.747	<b>-R\$ 2.523.203</b>	R\$ 21.820.281	R\$ 206.667.905

Como podemos observar da coluna fluxo de caixa, o empreendimento nestas condições citadas, atinge o payback já no primeiro ano. Isso é verificado analisando que o fluxo de caixa já é positivo, ou seja, a receita do primeiro ano cobre os custos iniciais.

## 9.2.2 CENÁRIO 2

O segundo cenário foi elaborado levando-se em conta uma situação mais crítica na qual não haveria a cobrança de um valor pelo recebimento do material e o material processado seria vendido pelo menor preço (R\$ 17,00). Este cenário pode ser observado na Tabela 9-18.

**Tabela 9-18 – Receita e fluxo de caixa estimados para o CENÁRIO 2**

Ano	Material Recebido (t/ano)	Receita Recebimento (R\$)	Material Processado (t/ano)	Receita Processamento (R\$)	Custos (R\$)	Receita Líquida Anual (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
2015	141653	R\$ 0	127488	R\$ 2.167.295	-R\$ 3.788.058	-R\$ 1.620.762	-R\$ 1.620.762
2016	147144	R\$ 0	132430	R\$ 2.375.123	-R\$ 547.312	R\$ 1.827.811	R\$ 207.049
2017	152837	R\$ 0	137553	R\$ 2.602.704	-R\$ 586.119	R\$ 2.016.585	R\$ 2.223.634
2018	158740	R\$ 0	142866	R\$ 2.851.898	-R\$ 627.877	R\$ 2.224.021	R\$ 4.447.655
2019	164859	R\$ 0	148373	R\$ 3.124.738	-R\$ 672.824	R\$ 2.451.913	R\$ 6.899.568
2020	171202	R\$ 0	154082	R\$ 3.423.443	-R\$ 721.219	R\$ 2.702.224	R\$ 9.601.793
2021	177777	R\$ 0	160000	R\$ 3.750.444	-R\$ 773.341	R\$ 2.977.103	R\$ 12.578.896
2022	184592	R\$ 0	166133	R\$ 4.108.392	-R\$ 829.493	R\$ 3.278.899	R\$ 15.857.795
2023	191655	R\$ 0	172489	R\$ 4.500.186	-R\$ 890.005	R\$ 3.610.182	R\$ 19.467.976
2024	198973	R\$ 0	179076	R\$ 4.928.996	-R\$ 955.234	R\$ 3.973.762	R\$ 23.441.738
2025	206557	R\$ 0	185901	R\$ 5.398.280	-R\$ 1.025.567	R\$ 4.372.713	R\$ 27.814.451
2026	214414	R\$ 0	192972	R\$ 5.911.820	-R\$ 1.101.424	R\$ 4.810.395	R\$ 32.624.847
2027	222554	R\$ 0	200298	R\$ 6.473.744	-R\$ 1.183.262	R\$ 5.290.482	R\$ 37.915.329
2028	230986	R\$ 0	207887	R\$ 7.088.563	-R\$ 1.271.575	R\$ 5.816.988	R\$ 43.732.317
2029	239719	R\$ 0	215747	R\$ 7.761.202	-R\$ 1.470.847	R\$ 3.050.355	R\$ 46.782.672
2030	248765	R\$ 0	223889	R\$ 8.497.040	-R\$ 1.776.402	R\$ 6.720.639	R\$ 53.503.310
2031	258133	R\$ 0	232319	R\$ 9.301.949	-R\$ 1.904.414	R\$ 7.397.535	R\$ 60.900.846
2032	267833	R\$ 0	241050	R\$ 10.182.339	-R\$ 2.042.269	R\$ 8.140.071	R\$ 69.040.916
2033	277877	R\$ 0	250089	R\$ 11.145.211	-R\$ 2.190.764	R\$ 8.954.447	R\$ 77.995.363
2034	288275	R\$ 0	259448	R\$ 12.198.202	-R\$ 2.350.763	R\$ 9.847.439	R\$ 87.842.802
2035	299040	R\$ 0	269136	R\$ 13.349.652	-R\$ 2.523.203	R\$ 10.826.449	R\$ 98.669.252

Neste cenário pode-se reparar que o retorno do empreendimento será apenas após as receitas do segundo ano.

## 9.2.3 CENÁRIO 3

O terceiro cenário foi elaborado levando-se em conta os critérios iguais ao do primeiro cenário, com a diferença de se destinar 50% do material processado à prefeitura e aos moradores dos 8 municípios participantes do consórcio, sem realizar a cobrança pelo mesmo. Desta forma obtivemos a movimentação financeira exibida na Tabela 9-19.

**Tabela 9-19 - Receita e fluxo de caixa estimados para o CENÁRIO 3**

Ano	Material Recebido (t/ano)	Receita Recebimento (R\$)	Material Processado (t/ano)	Receita Processamento (R\$)	Custos (R\$)	Receita Líquida Anual (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
2015	141653	R\$ 1.274.880	63744	R\$ 1.338.624	-R\$ 3.788.058	-R\$ 1.174.555	-R\$ 1.174.555
2016	147144	R\$ 1.397.131	66215	R\$ 1.466.988	-R\$ 547.312	R\$ 2.316.807	R\$ 1.142.253
2017	152837	R\$ 1.531.003	68777	R\$ 1.607.553	-R\$ 586.119	R\$ 2.552.436	R\$ 3.694.689
2018	158740	R\$ 1.677.587	71433	R\$ 1.761.467	-R\$ 627.877	R\$ 2.811.177	R\$ 6.505.866
2019	164859	R\$ 1.838.081	74186	R\$ 1.929.985	-R\$ 672.824	R\$ 3.095.241	R\$ 9.601.107
2020	171202	R\$ 2.013.790	77041	R\$ 2.114.480	-R\$ 721.219	R\$ 3.407.051	R\$ 13.008.158
2021	177777	R\$ 2.206.143	80000	R\$ 2.316.451	-R\$ 773.341	R\$ 3.749.253	R\$ 16.757.411
2022	184592	R\$ 2.416.701	83066	R\$ 2.537.536	-R\$ 829.493	R\$ 4.124.744	R\$ 20.882.155
2023	191655	R\$ 2.647.169	86245	R\$ 2.779.527	-R\$ 890.005	R\$ 4.536.691	R\$ 25.418.846
2024	198973	R\$ 2.899.409	89538	R\$ 3.044.380	-R\$ 955.234	R\$ 4.988.555	R\$ 30.407.401
2025	206557	R\$ 3.175.459	92951	R\$ 3.334.232	-R\$ 1.025.567	R\$ 5.484.124	R\$ 35.891.525
2026	214414	R\$ 3.477.541	96486	R\$ 3.651.418	-R\$ 1.101.424	R\$ 6.027.535	R\$ 41.919.059
2027	222554	R\$ 3.808.085	100149	R\$ 3.998.489	-R\$ 1.183.262	R\$ 6.623.312	R\$ 48.542.371
2028	230986	R\$ 4.169.743	103943	R\$ 4.378.230	-R\$ 1.271.575	R\$ 7.276.398	R\$ 55.818.769
2029	239719	R\$ 4.565.413	107874	R\$ 4.793.684	-R\$ 4.710.847	R\$ 4.648.250	R\$ 60.467.019
2030	248765	R\$ 4.998.259	111944	R\$ 5.248.172	-R\$ 1.776.402	R\$ 8.470.029	R\$ 68.937.048
2031	258133	R\$ 5.471.735	116160	R\$ 5.745.321	-R\$ 1.904.414	R\$ 9.312.642	R\$ 78.249.690
2032	267833	R\$ 5.989.611	120525	R\$ 6.289.092	-R\$ 2.042.269	R\$ 10.236.435	R\$ 88.486.125
2033	277877	R\$ 6.556.006	125045	R\$ 6.883.807	-R\$ 2.190.764	R\$ 11.249.049	R\$ 99.735.174
2034	288275	R\$ 7.175.413	129724	R\$ 7.534.184	-R\$ 2.350.763	R\$ 12.358.834	R\$ 112.094.008
2035	299040	R\$ 7.852.737	134568	R\$ 8.245.374	-R\$ 2.523.203	R\$ 13.574.907	R\$ 125.668.915

#### 9.2.4 CENÁRIO 4

O cenário 4 levou em conta os valores mínimos de recebimento e venda do material processado (R\$ 7,00 e R\$ 17,00 respectivamente), considerando-se ainda a doação de 25% do material produzido à prefeitura e moradores da região. Os resultados podem ser observados na Tabela 9-20.

**Tabela 9-20 - Receita e fluxo de caixa estimados para o CENÁRIO 4**

Ano	Material Recebido (t/ano)	Receita Recebimento (R\$)	Material Processado (t/ano)	Receita Processamento (R\$)	Custos (R\$)	Receita Líquida Anual (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
2015	141653	R\$ 991.573	95616	R\$ 1.625.471	<b>-R\$ 3.788.058</b>	-R\$ 1.171.013	-R\$ 1.171.013
2016	147144	R\$ 1.086.658	99322	R\$ 1.781.342	<b>-R\$ 547.312</b>	R\$ 2.320.688	R\$ 1.149.675
2017	152837	R\$ 1.190.780	103165	R\$ 1.952.028	<b>-R\$ 586.119</b>	R\$ 2.556.689	R\$ 3.706.364
2018	158740	R\$ 1.304.790	107149	R\$ 2.138.924	<b>-R\$ 627.877</b>	R\$ 2.815.837	R\$ 6.522.201
2019	164859	R\$ 1.429.618	111280	R\$ 2.343.553	<b>-R\$ 672.824</b>	R\$ 3.100.347	R\$ 9.622.548
2020	171202	R\$ 1.566.281	115562	R\$ 2.567.583	<b>-R\$ 721.219</b>	R\$ 3.412.645	R\$ 13.035.193
2021	177777	R\$ 1.715.889	120000	R\$ 2.812.833	<b>-R\$ 773.341</b>	R\$ 3.755.381	R\$ 16.790.574
2022	184592	R\$ 1.879.656	124600	R\$ 3.081.294	<b>-R\$ 829.493</b>	R\$ 4.131.457	R\$ 20.922.031
2023	191655	R\$ 2.058.909	129367	R\$ 3.375.140	<b>-R\$ 890.005</b>	R\$ 4.544.044	R\$ 25.466.075
2024	198973	R\$ 2.255.096	134307	R\$ 3.696.747	<b>-R\$ 955.234</b>	R\$ 4.996.609	R\$ 30.462.684
2025	206557	R\$ 2.469.801	139426	R\$ 4.048.710	<b>-R\$ 1.025.567</b>	R\$ 5.492.944	R\$ 35.955.628
2026	214414	R\$ 2.704.754	144729	R\$ 4.433.865	<b>-R\$ 1.101.424</b>	R\$ 6.037.195	R\$ 41.992.823
2027	222554	R\$ 2.961.844	150224	R\$ 4.855.308	<b>-R\$ 1.183.262</b>	R\$ 6.633.890	R\$ 48.626.713
2028	230986	R\$ 3.243.133	155915	R\$ 5.316.422	<b>-R\$ 1.271.575</b>	R\$ 7.287.981	R\$ 55.914.693
2029	239719	R\$ 3.550.877	161811	R\$ 5.820.902	<b>-R\$ 4.710.847</b>	R\$ 4.660.931	R\$ 60.575.625
2030	248765	R\$ 3.887.535	167916	R\$ 6.372.780	<b>-R\$ 1.776.402</b>	R\$ 8.483.913	R\$ 69.059.538
2031	258133	R\$ 4.255.794	174240	R\$ 6.976.462	<b>-R\$ 1.904.414</b>	R\$ 9.327.842	R\$ 78.387.380
2032	267833	R\$ 4.658.587	180787	R\$ 7.636.754	<b>-R\$ 2.042.269</b>	R\$ 10.253.072	R\$ 88.640.452
2033	277877	R\$ 5.099.116	187567	R\$ 8.358.908	<b>-R\$ 2.190.764</b>	R\$ 11.267.260	R\$ 99.907.712
2034	288275	R\$ 5.580.877	194586	R\$ 9.148.652	<b>-R\$ 2.350.763</b>	R\$ 12.378.766	R\$ 112.286.477
2035	299040	R\$ 6.107.684	201852	R\$ 10.012.239	<b>-R\$ 2.523.203</b>	R\$ 13.596.720	R\$ 125.883.198

## 9.2.5 CENÁRIO 5

O quinto cenário elaborado levou em consideração um ponto crítico que seria realizar o recebimento do material sem cobrança, a venda do material pelo valor mínimo de R\$ 17,00 e a doação de 50% do material à prefeitura e moradores da região. Como se pode observar dos resultados exibidos na Tabela 9-21, o payback só seria alcançado no quinto ano de operação.

**Tabela 9-21 - Receita e fluxo de caixa estimados para o CENÁRIO 5**

Ano	Material Recebido (t/ano)	Receita Recebimento (R\$)	Material Processado (t/ano)	Receita Processamento (R\$)	Custos (R\$)	Receita Líquida Anual (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
2015	141653	R\$ 0	63744	R\$ 1.083.648	<b>-R\$ 3.788.058</b>	-R\$ 2.704.410	-R\$ 2.704.410
2016	147144	R\$ 0	66215	R\$ 1.187.562	<b>-R\$ 547.312</b>	R\$ 640.250	-R\$ 2.064.160
2017	152837	R\$ 0	68777	R\$ 1.301.352	<b>-R\$ 586.119</b>	R\$ 715.233	-R\$ 1.348.927
2018	158740	R\$ 0	71433	R\$ 1.425.949	<b>-R\$ 627.877</b>	R\$ 798.072	-R\$ 550.855
2019	164859	R\$ 0	74186	R\$ 1.562.369	<b>-R\$ 672.824</b>	R\$ 889.544	R\$ 338.689
2020	171202	R\$ 0	77041	R\$ 1.711.722	<b>-R\$ 721.219</b>	R\$ 990.503	R\$ 1.329.192
2021	177777	R\$ 0	80000	R\$ 1.875.222	<b>-R\$ 773.341</b>	R\$ 1.101.881	R\$ 2.431.073
2022	184592	R\$ 0	83066	R\$ 2.054.196	<b>-R\$ 829.493</b>	R\$ 1.224.703	R\$ 3.655.776
2023	191655	R\$ 0	86245	R\$ 2.250.093	<b>-R\$ 890.005</b>	R\$ 1.360.088	R\$ 5.015.864
2024	198973	R\$ 0	89538	R\$ 2.464.498	<b>-R\$ 955.234</b>	R\$ 1.509.264	R\$ 6.525.128
2025	206557	R\$ 0	92951	R\$ 2.699.140	<b>-R\$ 1.025.567</b>	R\$ 1.673.573	R\$ 8.198.701
2026	214414	R\$ 0	96486	R\$ 2.955.910	<b>-R\$ 1.101.424</b>	R\$ 1.854.486	R\$ 10.053.187
2027	222554	R\$ 0	100149	R\$ 3.236.872	<b>-R\$ 1.183.262</b>	R\$ 2.053.610	R\$ 12.106.797
2028	230986	R\$ 0	103943	R\$ 3.544.282	<b>-R\$ 1.271.575</b>	R\$ 2.272.706	R\$ 14.379.503
2029	239719	R\$ 0	107874	R\$ 3.880.601	<b>-R\$ 4.710.847</b>	-R\$ 830.246	R\$ 13.549.257
2030	248765	R\$ 0	111944	R\$ 4.248.520	<b>-R\$ 1.776.402</b>	R\$ 2.472.119	R\$ 16.021.376
2031	258133	R\$ 0	116160	R\$ 4.650.974	<b>-R\$ 1.904.414</b>	R\$ 2.746.561	R\$ 18.767.937
2032	267833	R\$ 0	120525	R\$ 5.091.170	<b>-R\$ 2.042.269</b>	R\$ 3.048.901	R\$ 21.816.838
2033	277877	R\$ 0	125045	R\$ 5.572.605	<b>-R\$ 2.190.764</b>	R\$ 3.381.841	R\$ 25.198.679
2034	288275	R\$ 0	129724	R\$ 6.099.101	<b>-R\$ 2.350.763</b>	R\$ 3.748.338	R\$ 28.947.017
2035	299040	R\$ 0	134568	R\$ 6.674.826	<b>-R\$ 2.523.203</b>	R\$ 4.151.623	R\$ 33.098.640

## 9.2.6 CENÁRIOS 6 E 7

O sexto e sétimos cenários, ambos exibidos na Tabela 9-22, foram elaborados apenas para se obter quais valores poderiam ser cobrados do recebimento do material, da venda do material e quanto poderia ser doado ao mesmo tempo de forma a se obter um custo-benefício igual a 1. Para a obtenção dos valores foi utilizado o Solver do software Excel 2012.

**Tabela 9-22 - Receita e fluxo de caixa estimados para o CENÁRIO 6 e 7**

Ano	Material Recebido (t/ano)	Receita Recebimento (R\$)	Material Processado (t/ano)	Receita Processamento (R\$)	Custos (R\$)	Receita Líquida Anual (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
2015	141653	R\$ 0	46942	R\$ 587.668	-R\$ 3.788.058	-R\$ 3.200.389	-R\$ 3.200.389
2016	147144	R\$ 0	48761	R\$ 644.022	-R\$ 547.312	R\$ 96.710	-R\$ 3.103.680
2017	152837	R\$ 0	50648	R\$ 705.731	-R\$ 586.119	R\$ 119.612	-R\$ 2.984.068
2018	158740	R\$ 0	52604	R\$ 773.301	-R\$ 627.877	R\$ 145.423	-R\$ 2.838.644
2019	164859	R\$ 0	54632	R\$ 847.282	-R\$ 672.824	R\$ 174.457	-R\$ 2.664.187
2020	171202	R\$ 0	56734	R\$ 928.277	-R\$ 721.219	R\$ 207.058	-R\$ 2.457.129
2021	177777	R\$ 0	58913	R\$ 1.016.944	-R\$ 773.341	R\$ 243.603	-R\$ 2.213.526
2022	184592	R\$ 0	61171	R\$ 1.114.002	-R\$ 829.493	R\$ 284.509	-R\$ 1.929.017
2023	191655	R\$ 0	63512	R\$ 1.220.239	-R\$ 890.005	R\$ 330.234	-R\$ 1.598.783
2024	198973	R\$ 0	65937	R\$ 1.336.512	-R\$ 955.234	R\$ 381.278	-R\$ 1.217.505
2025	206557	R\$ 0	68450	R\$ 1.463.759	-R\$ 1.025.567	R\$ 438.193	-R\$ 779.313
2026	214414	R\$ 0	71054	R\$ 1.603.007	-R\$ 1.101.424	R\$ 501.583	-R\$ 277.729
2027	222554	R\$ 0	73751	R\$ 1.755.375	-R\$ 1.183.262	R\$ 572.113	R\$ 294.383
2028	230986	R\$ 0	76545	R\$ 1.922.085	-R\$ 1.271.575	R\$ 650.509	R\$ 944.893
2029	239719	R\$ 0	79440	R\$ 2.104.473	-R\$ 4.710.847	-R\$ 2.606.375	-R\$ 1.661.482
2030	248765	R\$ 0	82437	R\$ 2.303.997	-R\$ 1.776.402	R\$ 527.596	-R\$ 1.133.886
2031	258133	R\$ 0	85542	R\$ 2.522.251	-R\$ 1.904.414	R\$ 617.837	-R\$ 516.049
2032	267833	R\$ 0	88756	R\$ 2.760.971	-R\$ 2.042.269	R\$ 718.702	R\$ 202.653
2033	277877	R\$ 0	92085	R\$ 3.022.056	-R\$ 2.190.764	R\$ 831.292	R\$ 1.033.946
2034	288275	R\$ 0	95531	R\$ 3.307.578	-R\$ 2.350.763	R\$ 956.815	R\$ 1.990.761
2035	299040	R\$ 0	99098	R\$ 3.619.797	-R\$ 2.523.203	R\$ 1.096.594	R\$ 3.087.355

## 9.2.7 COMPARAÇÃO ENTRE CENÁRIOS

Os valores utilizados e obtidos para recebimento, venda e doação do material, junto da relação Custo-Benefício e do Ano de Payback podem ser observados na Tabela 9-23.

**Tabela 9-23 – Comparação entre possíveis cenários de movimentação financeira**

Cenário	Preço (R\$)		% Doada	Custo/Benefício	Payback (Ano)
	Recebimento	Venda			
1	R\$ 9,00	R\$ 21,00	0%	6,73	2015
2	R\$ 0,00	R\$ 17,00	0%	3,69	2016
3	R\$ 9,00	R\$ 21,00	50%	4,45	2016
4	R\$ 7,00	R\$ 17,00	25%	4,45	2016
5	R\$ 0,00	R\$ 17,00	50%	1,84	2019
6	R\$ 0,00	R\$ 12,52	63%	1,00	2031
7	R\$ 0,00	R\$ 4,61	0%	1,00	2032

Como se pode observar, qualquer valor acima de R\$ 4,61 que seja cobrado pelo material processado, sem que ocorra doações do mesmo, resultará num valor de Custo/Benefício maior do que 1, ou seja, o empreendimento retornará lucro quase em final de plano. Caso desejasse realizar doações à prefeitura e moradores da região, permitindo um ganho benéfico maior ainda por parte da população, poderíamos realizar a doação de até 63% do material cobrando um valor de R\$ 12,52 ou maior dos 37% restantes que seriam disponibilizados à venda, obtendo-se assim o retorno esperado do investimento e possivelmente lucro.

Todos os outros cenários mostraram-se benéficos para o empreendimento, obtendo-se valores de custo-benefício acima de 1,00, o que significa que no horizonte de projeto o empreendimento se pagará e ainda retornará lucro, beneficiando os investidores. E como pôde ser observado da Tabela 9-23 acima, o payback do empreendimento está contido, nos 5 primeiros cenários, em até 25% do tempo do horizonte de projeto, o que torna o empreendimento muito interessante do ponto de vista de investimentos.

Claro que se deve atentar ao fato de que a demanda por este tipo de material pode sim sofrer efeitos de sazonalidade e outros fatores, o que afetaria o valor de receita anual e consequentemente o ano de retorno do valor investido e a razão custo-benefício final projetada. Desta forma, variações nos valores de porcentagem doada e de recebimento de venda do material poderiam ser previstas de forma a se evitar possíveis problemas de geração de

receita para o empreendimento, além de se considerar os efeitos dos fatores de oferta e demanda na futura ampliação do empreendimento no ano de 2029.

Cabe ressaltar ainda que os valores obtidos na análise financeira mostram-se muito atrativos por um grande motivo: O terreno será cedido pela prefeitura para a implantação e operação da usina, de forma que a mesma obterá lucros sobre o empreendimento, seja na forma de uma parceria público-privada (PPP), obtendo assim valores monetários, ou na forma de recebimento do material processado como doação, entre outros, de forma que deve ser acordado entre o órgão responsável do consórcio e os investidores que estejam interessados no projeto da usina. Caso houvesse a necessidade de aquisição do terreno muito provavelmente os valores de custo-benefício seriam drasticamente reduzidos, além de se ter um payback muito provavelmente num período muito mais longo do que o observado, e claro, o preço do terreno e sua variação teria influência direta sobre ambos os valores.

## 10. CONCLUSÃO

O trabalho apresentado tinha dois principais objetivos. Primeiramente a apresentação de um projeto completo de uma usina de reciclagem de resíduos de construção civil e, como segundo objetivo, a realização da análise de viabilidade econômica dessa usina projetada. Lembrando que um dos focos era a apresentação de um projeto viável e realístico, que sendo apresentado ao consórcio do CONISUD, tem condições de ser implantado. Portanto, ambos objetivos foram concluídos, sendo encontrados resultados satisfatórios.

Com relação à usina, todas as famílias de projeto foram estudadas e realizadas, sendo pensado nas possíveis interferências e a possibilidade de aplicabilidade. As 23 pranchas impressas em A3, apresentadas em anexo, têm características de um projeto básico que serviria para dar a entrada em uma licitação ou financiamento de BNDES. O que concretiza o foco do trabalho de tornar o projeto aplicável e realístico.

E a análise de viabilidade econômica do empreendimento revela que o projeto tem grandes possibilidades de retorno econômico para os investidores, sendo de grande atratividade a rapidez de payback, caso seja feita a parceria público privada e por consequência tenha um terreno cedido pela prefeitura para a realização do empreendimento.

Finalizando, é importante ressaltar que a realização de uma usina de reciclagem de resíduos de construção civil tem vantagens que superam apenas os aspectos econômicos. Deve-se também ser levado em consideração os benefícios ambientais com a reciclagem de material e os benefícios sociais pela empregabilidade do material britado pela prefeitura.

## 11. ANEXOS

- Orçamento e Propostas de fornecimento e de maquinários das empresas:
  - **NORTEC**
  - **MAQBRIT**
- **DESENHO 01** - Projeto Urbanístico - Layout da Usina
- **DESENHO 02** - Levantamento Topográfico
- **DESENHO 03** - Projeto de Movimentação de Terra - PLANTA
- **DESENHO 04** - Projeto de Movimentação de Terra - PERFIS
- **DESENHO 05** - Projeto de Pavimentação
- **DESENHO 06** - Projeto de Drenagem - Implantação Geral

- **DESENHO 07** - Projeto de Drenagem - Detalhe da área pavimentada
- **DESENHO 08** - Projeto de Iluminação
- **DESENHO 09** - Projeto de Sinalização
- **DESENHO 10** - Projeto do Prédio da Administração - Layout
- **DESENHO 11** - Projeto do Prédio da Administração – Primeira e Segunda Fiada
- **DESENHO 12** - Projeto do Prédio da Administração - Área de Influencia da Laje
- **DESENHO 13** - Projeto da Guarita - Layout
- **DESENHO 14** - Projeto da Guarita - Primeira e Segunda Fiada
- **DESENHO 15** - Projeto da Guarita - Área de Influencia da Laje
- **DESENHO 16** - Projeto de Fundação do prédio da administração e guarita
- **DESENHO 17** - Projeto de Esgoto - Prédio da Administração
- **DESENHO 18** - Projeto do Prédio da Administração - Projeto Hidráulico - Planta Geral
- **DESENHO 19** - Projeto do Prédio da Administração - Projeto Hidráulico - Detalhes
- **DESENHO 20** - Projeto de Esgoto - Prédio da Guarita
- **DESENHO 21** - Projeto Hidráulico e Detalhes - Prédio da Guarita

- **DESENHO 22** - Projeto Elétrico - Prédio da Administração
- **DESENHO 23** - Projeto Elétrico - Prédio da Guarita

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AASHTO - American Association of State Highway and Transportation Officials  
- M145. **Classification of soils and soil-aggregate mixtures for highway construction purposes. Standard Specifications for Transportation Material and Methods of Sampling and Testing.** Washington, DC. 1995.

ABEF. **ABEF Research on Foundation Engineering.** Published on the occasion of the XII ICSMF, 1989.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004 – Resíduos sólidos – classificação.** Rio de Janeiro, ABNT. 2004.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15112 – Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação.** Rio de Janeiro, ABNT. 2004.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15113 – Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação.** Rio de Janeiro, ABNT. 2004.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15114 – Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação.** Rio de Janeiro, ABNT. 2004.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15115 – Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos.** Rio de Janeiro, ABNT. 2004.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15116 – Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Diretrizes para projeto, implantação e operação.** Rio de Janeiro, ABNT. 2004.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9732 - Projeto de terraplenagem – rodovias.** Rio de Janeiro, ABNT. 1987.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136 - Blocos vazados de concreto simples para alvenaria (Requisitos).** Rio de Janeiro, ABNT. 2006.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8949 - Paredes de alvenaria estrutural – Ensaios à compressão simples.** Rio de Janeiro, ABNT. 1985.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14860-1 Laje Pré-fabricadas – Pré-laje – Requisitos.** Rio de Janeiro, ABNT. 2002.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626 - Instalação predial de água fria.** Rio de Janeiro, ABNT. 1998.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8160 - Sistemas prediais de esgoto sanitário.** Rio de Janeiro, ABNT. 1999.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9781 - Peças de concreto para pavimentação — Especificação e métodos de ensaio.** Rio de Janeiro, ABNT. 2013.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15953 Pavimento intertravado com peças de concreto — Execução.** Rio de Janeiro, ABNT. 2011.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15645 - Execução de obras de esgoto sanitário e drenagem de águas pluviais utilizando-se tubos e aduelas de concreto.** Rio de Janeiro, ABNT. 2009.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8890 - Tubo de concreto de seção circular para águas pluviais e esgotos sanitários - Requisitos e métodos de ensaios.** Rio de Janeiro, ABNT. 2007.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16085 - Poços de visita e poços de inspeção para sistemas enterrados - Requisitos e métodos de ensaio.** Rio de Janeiro, ABNT. 2012.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12266 - Projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água, esgoto e drenagem urbana.** Rio de Janeiro, ABNT. 1992.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-9061 - Segurança de escavação a céu aberto – Procedimento.** Rio de Janeiro, ABNT. 1985.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118 - Projetos de estruturas de concreto armado.** Rio de Janeiro, ABNT. 2007.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122 - Projeto e execução de fundações.** Rio de Janeiro, ABNT. 2010.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410 - Instalações elétricas de baixa tensão.** Rio de Janeiro, ABNT. 2004.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5101 - Iluminação Pública.** Rio de Janeiro, ABNT. 1992.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118 - Projeto e Execução de Fundações.** Rio de Janeiro, ABNT. 2003.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15961-Parte 1/2011 Alvenaria estrutural – blocos de concreto Parte 1 - projeto.** Rio de Janeiro, ABNT. 2011.

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama 2011.** Disponível em: ([http://www.abrelpe.org.br/panorama\\_apresentacao.cfm](http://www.abrelpe.org.br/panorama_apresentacao.cfm)). Acesso em 29/04/2013.

**ANGULO, S.C. Caracterização de agregados de resíduos de construção e demolição reciclados e a influência de suas características no comportamento de concretos.** São Paulo, 2005. Tese (doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 167p.

**ANGULO, S.C. Variabilidade de agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados.** São Paulo, 2000. Dissertação (mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 155p.

ANGULO, S.C.; TEIXEIRA, C.E.; CASTRO, A.L.; NOGUEIRA, T.P. **Resíduos de construção e demolição: avaliação de métodos de quantificação.** Artigo técnico, 2011.

ATHAYDE, G. B.; FERRARI, M. J.; PAULA, E. A.; BORLINI, F. R.; DINIZ, M. D.; ALMEIDA, M. O. – **Viabilidade Econômica de uma Usina de Reciclagem de Entulhos em Governador Valadares – MG.** Governador Valadares, 2000.

BESEN, G. R. **Coleta seletiva com inclusão de catadores: construção participativa de indicadores e índices de sustentabilidade.** São Paulo, 2011. 275p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo.

BESEN, G. R. et al. **Resíduos sólidos: vulnerabilidades e perspectivas.** In: SALDIVA P. et al. **Meio ambiente e saúde: o desafio das metrópoles.** São Paulo: Ex Libris, 2010.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **MANUAL PARA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE GESTÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL EM CONSÓRCIOS PÚBLICOS.** Brasília, DF, 2010.

CENTRO DE REFERÊNCIA DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÕES. **Orientação técnica para implantação de usina de reciclagem de entulho URE.** Disponível em: ([“http://residuossolidoscc.mgiora.com.br/sistema/ck/files/cartilha\\_grande%20INAC%20-%20Laranja.pdf”](http://residuossolidoscc.mgiora.com.br/sistema/ck/files/cartilha_grande%20INAC%20-%20Laranja.pdf)). Acesso em 07/05/13.

CELG - Companhia Energética de Goiás. **Critérios de Projeto de Iluminação Pública.** Goiás. 2006. 34p.

COELCE - Companhia Energética do Ceará. **FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA EM TENSÃO PRIMÁRIA DE DISTRIBUIÇÃO.** Norma Técnica NT 002. Ceará. 2011. 73p.

COUTINHO, J.M.V. **Carta Geológica da Região Metropolitana da Grande São Paulo. Escala 1:500.000.** Governo do Estado de São Paulo, Secretaria dos Negócios Metropolitanos eEMPLASA. 1981.

CPFL – Companhia Paulista de Força e Luz. **Projeto - Iluminação Pública.** São Paulo, SP. 2006. 24p.

**DECRETO Nº 56.819. Regulamento de Segurança contra Incêndio das edificações e áreas de risco no Estado de São Paulo e providências correlatas.** São Paulo. 2011.

DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **Manual de Implantação Básica.** 2 ed. Rio de janeiro. DNER, 1996. 325p.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de pavimentação.** 3 ed. Rio de janeiro. 274p.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de Sinalização Rodoviária.** Rio de Janeiro, DNIT. 2010. 414p.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2010.** URL: <http://censo2010.ibge.gov.br/resultados>

JADOVSKI, I. **Diretrizes técnicas e econômicas para usinas de reciclagem de resíduos de construção e demolição.** Porto Alegre, 2005. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

JOHN, V.M. **Reciclagem de resíduos na construção civil – contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento.** São Paulo, 2000. Tese (livre docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 102p.

JOHN, V.M.; AGOPYAN, V. **Reciclagem de resíduos da construção.** Seminário - Reciclagem de resíduos sólidos domésticos. São Paulo, 2000.

JÚNIOR, G.B.A et al. **Viabilidade econômica de uma usina de reciclagem de entulhos em Governador Valadares - MG.** Universidade Vale do Rio Doce, Governador Valadares - MG.

LEITE, M.B. **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição.** Porto Alegre, 2001. Tese (doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 270p.

LEVY, S.M. **Contribuição ao estudo da durabilidade de concretos, produzidos com resíduos de concreto e alvenaria.** São Paulo, 2001. Tese (doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 194p.

LEVY, S.M. **Reciclagem do entulho de construção civil, para utilização como agregado de argamassas e concretos.** São Paulo, 1997. Dissertação (mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 145p.

LORDÉLO, P.M. **Gestão de resíduos na construção civil: redução, reutilização e reciclagem.** Salvador: Senai-BA, 2007.

**MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL e princípios de ciência e engenharia de materiais.** Ed G.C. Isaia, - São Paulo: IBRACON, 2007. 2v.

MIRANDA, L.F.R. **Contribuição ao desenvolvimento da produção e controle de argamassas de revestimento com areia reciclada lavada de resíduos classe A da construção civil.** São Paulo, 2005. Tese (doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 439p.

PINI. **TCPO - Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos.** 13. ed. - São Paulo, SP, 2008. Pini. 565p.

PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana.** São Paulo, 1999. Tese (doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 189p.

PINTO, T.P.; GONZÁLES, J.L.R. **Manejo e gestão de resíduos da construção civil. Manual de orientação1: Como implantar um sistema de manejo e gestão dos resíduos da construção civil nos municípios.** CAIXA. Brasilia, 2005.

**PROJETO ENTULHO BOM. Reciclagem de entulho para a produção de materiais de construção.** EDUFBA. Salvador, 2001.

RICCOMINI, C. & COIMBRA, A.M. **Geologia da Bacia Sedimentar.** In: NEGRO Jr, A.; FERREIRA, A.A.; ALONSO, U.R.; LUZ, P.A.C. (eds) Solos da Cidade de São Paulo. São Paulo, ABMS/ABEF. 1992. p.37-94.

SENÇO, W. (1997). **Manual de técnicas de pavimentação.** São Paulo, SP, 1997. Editora Pini Ltda. 746p.

VARGAS, M. **Geotecnia do Terciário de São Paulo - histórico.** In: ASPECTOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS DA BACIA DE SÃO PAULO (MESA REDONDA), São Paulo, 1980. ABGE/SBG-SP, *Publicação Especial*, p.37-45.

VARGAS, M. **Evolução dos conhecimentos.** In: NEGRO Jr, A.; FERREIRA, A.A.; ALONSO, U.R.; LUZ, P.A.C. (eds) Solos da Cidade de São Paulo. São Paulo, ABMS/ABEF. 1992. p.1-35.

VÁZQUEZ, H. & J. **International RILEM conference on the use of recycled materials in buildings and structures – Volume 1.** RILEM publications S.A.R.L. Barcelona, Espanha, 2004. 553p.

ZORDAN, S.E. **A utilização de entulho como agregado, na confecção de concreto.** Campinas, 1997. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, 140p.

ZORDAN, S.E. **Metodologia de avaliação do potencial de reciclagem de resíduos.** São Paulo, 2003. Tese (doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 464p.