

ALEXANDRE AUGUSTO PINHERIO SOUZA ARAÚJO

FILIPPE LOBÃO DE ALMEIDA

LEONARDO DE ARANTES BASSO

COMPOSTAGEM DOS RESÍDUOS DOS RESTAURANTES
UNIVERSITÁRIOS E DOS RESÍDUOS DE PODA NA CIDADE
UNIVERSITÁRIA ARMANDO SALLES DE OLIVEIRA

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

São Paulo

2015

ALEXANDRE AUGUSTO PINHERIO SOUZA ARAÚJO

FILIPPE LOBÃO DE ALMEIDA

LEONARDO DE ARANTES BASSO

COMPOSTAGEM DOS RESÍDUOS DOS RESTAURANTES
UNIVERSITÁRIOS E DOS RESÍDUOS DE PODA NA CIDADE
UNIVERSITÁRIA ARMANDO SALLES DE OLIVEIRA

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

Orientador: Prof. Dra. Wanda Maria Risso
Günther

São Paulo

2015

Catálogo-na-publicação

Basso, Leonardo

COMPOSTAGEM DOS RESÍDUOS DOS RESTAURANTES
UNIVERSITÁRIOS E DOS RESÍDUOS DE PODA NA CIDADE
UNIVERSITÁRIA ARMANDO SALLES DE OLIVEIRA / L. Basso, F. Almeida,
A. Araújo -- São Paulo, 2015.

92 p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São
Paulo. Departamento de Engenharia de Hidráulica e Ambiental.

1.Gestão de resíduos sólidos 2.Compostagem I.Universidade de São
Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Hidráulica e
Ambiental II.t. III.Almeida, Filipe IV.Araújo, Alexandre

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a orientação, apoio e disponibilidade da Prof. Dra. Wanda Maria Risso Günther, à Larissa Ciccotti, à prefeitura do Campus da Capital, em especial à Aline que nos disponibilizou as informações e contatos necessários para a realização desse trabalho, aos responsáveis pela direção do restaurante central e a todos os amigos que de alguma forma auxiliaram na elaboração deste trabalho.

SUMÁRIO

1.Introdução.....	7
2.Objetivos	10
2.1 Objetivo Geral	10
2.2 Objetivos Específicos	10
3.Revisão da literatura	11
3.1 Resíduos Sólidos - Cenário Brasileiro	11
3.2 Resíduos sólidos no município de São Paulo.....	15
3.3 Resíduos Orgânicos	16
3.3.1 Resíduos de Poda, Capina e Roçada.....	16
3.3.2 Resíduos de Restaurante	17
3.4 Técnicas de Compostagem.....	18
3.5 Fatores intervenientes do processo	24
4.Métodos.....	29
4.1 Levantamento de dados	29
4.2 Visitas de campo.....	29
4.2.1 Visita ao restaurante central	29
4.2.2 Visita ao viveiro de mudas.....	31
4.2.3 Visita ao Shopping Eldorado.....	33
4.3 Análise gravimétrica dos resíduos.....	35
4.4 Densidade aparente dos resíduos de poda.....	35
4.5 Dados de peso médio diário de resíduos pós consumo no restaurante.....	36
4.6 Definição de critérios	38
4.6.1 Análise Técnica	38
4.6.2 Análise Ambiental.....	40
4.6.3 Análise Econômico/Financeira	41
5.Resultados e discussão.....	42
5.1 Caracterização da Cidade Universitária Armando Salles de Oliveira	42
5.2 Resíduos gerados	43
5.3 Local para implantação da composteira	44
5.4 Tecnologias de compostagem identificadas para avaliação e seleção	44
5.5 Implantação e operação da composteira.....	45
5.5.1 Descrição do funcionamento completo das Leiras Estáticas com Aeração Natural	46

5.5.2 Modelo de operação	47
5.5.3 Ciclo de operação de uma leira de compostagem	48
5.5.4 Ciclo de operação do conjunto de leiras	49
5.5.5 logística e armazenamento	49
5.5.6 Logística e armazenamento dos resíduos de poda	50
5.5.7 Logística e armazenamento dos resíduos do restaurante central	50
5.5.8 Logística operacional de entrega dos resíduos dos restaurantes	51
5.5.9 Logística operacional de entrega de poda	55
5.5.10 Logística: recolhimento do composto	55
5.5.11 Cenários de operação.....	55
5.5.12 Escolha do cenário.....	59
5.5.13 Descrição da unidade de compostagem	61
5.5.14 Cuidados necessários durante a operação.....	62
5.6 Análise econômica do empreendimento	63
5.6.1 Análise dos custos	64
5.6.2 Custo de Implantação.....	64
5.6.3 Custo de Operação	65
5.6.4 Financiamento.....	67
5.6.4.1 Alternativa somente com capital próprio	70
5.6.4.2 Alternativa com financiamento de prazo de 4 anos	71
5.6.4.3 Alternativa com financiamento de prazo de 2 anos	74
5.6.5 Método de escolha da melhor alternativa	76
5.7 Aplicação da matriz de decisão multi-critérios	77
5.7.1 Escalas, justificativas e resultados.....	78
6.Considerações finais	82
7.Referências Bibliográficas	84
Anexos	89

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Hierarquia de resíduos sólidos trazida pela PNRS 2010.....	8
Figura 2 - Esquema básico de compostagem.....	19
Figura 3 - Leiras revolvidas com equipamento auto compelido.....	21
Figura 4 - Sistemas de Leiras Aeradas.....	22
Figura 5 - Instalações do Restaurante Central.....	30
Figura 6 - Bandeja utilizada em refeição.....	31
Figura 7 - Área disponível para compostagem.....	32
Figura 8 - Acesso à área do viveiro.....	32
Figura 9 – Sacos plásticos para resíduos orgânicos.....	33
Figura 10 – Recipiente para armazenamento de resíduos.....	33
Figura 11 – Triturador de resíduos.....	34
Figura 12 – Composto final.....	35
Figura 13 – Veículo coletor de resíduos.....	51
Figura 14 - Veículo coletor de resíduos II.....	52
Figura 15 – Percurso entre o restaurante central e a composteira.....	52
Figura 16 – Triturador de resíduos.....	54
Figura 17 – Leira de compostagem.....	61
Figura 18 - Disposição final das leiras.....	62
Figura 19 – Balança de pesagem.....	65
Figura 20 – Produtos e Serviços relacionados ao cartão BNDES.....	69

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Distribuição dos resíduos sólidos.....	13
Gráfico 2 - Distribuição da coleta seletiva nos municípios brasileiros.....	14
Gráfico 3 - Comparação dos métodos de compostagem.....	20
Gráfico 4 - Fases da Compostagem relativas a temperatura.....	25
Gráfico 5 - Distribuição territorial dos Campus da USP.....	43
Gráfico 6 - Ciclo genérico de operação.....	49
Gráfico 7 - Operação dos ciclos em marcha.....	59
Gráfico 8 - Ciclo de operação de uma subunidade.....	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Fonte, composição, responsável e tipo de tratamento/disposição final, por tipo de resíduos sólidos.....	12
Tabela 2 - Relação Carbono/Nitrogênio e consequências.....	28
Tabela 3 – Análise gravimétrica.....	35
Tabela 4 – Pesagem resíduos agosto/2015.....	36
Tabela 5 – Valores agosto/2015.....	37
Tabela 6 – Pesagem de resíduos julho/2015.....	37
Tabela 7 – Valores julho/2015.....	38
Tabela 8 – Ficha técnica dos trituradores disponíveis.....	54
Tabela 9 – Carga de compostagem por dias de operação.....	56
Tabela 10 – Resumo dos períodos envolvidos no ciclo de operação.....	57
Tabela 11 – Relação entre as massas e volumes a serem compostados.....	57
Tabela 12 – Relação entre as massas e volumes a serem compostados II.....	58
Tabela 13 – Relação entre as massas e volumes a serem compostados III.....	58
Tabela 14 – Relação C/N.....	60
Tabela 15 – Quantidade de poda anual.....	60
Tabela 16 – Custos dos equipamentos.....	65
Tabela 17 – Custos energéticos.....	66
Tabela 18 – Custos relativos ao consumo de combustível.....	67
Tabela 19 – Custos de construção do galpão de compostagem.....	69
Tabela 20 – Custo totais de implantação.....	70
Tabela 21 – P&L.....	71
Tabela 22 – Sistema PRICE.....	72
Tabela 23 – P&L capital próprio.....	73
Tabela 24 – P&L para a alternativa de 4 anos de financiamento.....	73
Tabela 25 – Sistema PRICE financiamento 48 meses.....	74
Tabela 26 – Fluxo de longo prazo.....	75
Tabela 27 – Fluxo de caixa de curto prazo para o financiamento de dois anos com o BNDES.....	75
Tabela 28 – Indicadores de critérios ambientais.....	78
Tabela 29 - Indicadores de critérios ambientais II.....	79
Tabela 30 - Indicadores de critérios ambientais III.....	79
Tabela 31 - Indicadores de critérios ambientais IV.....	80
Tabela 32 – Pontuação dos indicadores.....	81
Tabela 33 – Ponderação final.....	81

LISTA DE ANEXOS

Anexo I – Planta e corte do Galpão de Compostagem.....	89
--	----

RESUMO EXECUTIVO

A Política Nacional dos Resíduos Sólidos, Lei Federal 12.305, de 2 de agosto de 2010, regulamentada pelo Decreto Federal nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010 e o Projeto Pampa, Lei Municipal nº. 14.723, de 15 de maio de 2008, visando resolver a problemática dos resíduos sólidos e a busca pelo desenvolvimento sustentável proíbem a disposição em aterro sanitário de qualquer resíduo que seja passível de reutilização, reciclagem ou valorização. Os resíduos de poda e os resíduos orgânicos alimentares merecem atenção dado seu grande potencial de valorização. O objetivo desse trabalho é realizar a busca por uma alternativa viável para a valorização desses resíduos por meio da técnica da compostagem, no campus USP da capital. Nesse sentido se buscou na literatura e em entrevistas com especialistas qual a melhor forma de compostagem a ser aplicada a esses resíduos, dada a situação atual da Prefeitura do campus e a busca pelo programa USP sustentável, que objetiva que a Universidade busque a sustentabilidade ambiental até o seu aniversário de 100 anos, em 2034. Além disso, foi realizada visita aos locais de estudo para verificar como é feita a disposição final hoje e quais fatores poderiam ser aprimorados no processo.

Verificou-se qual a demanda atual de resíduos orgânicos nas atividades participantes do projeto, na remoção da poda e no restaurante universitário. Com esses valores em mente, e com a demanda de composto orgânico por parte do viveiro da Universidade, decidiu-se pelo estudo de implementação de processo de compostagem em uma área próxima ao local de utilização do composto, no próprio viveiro da Universidade. Porém a melhor técnica de compostagem para as especificidades do caso ainda é objeto de estudo e será definida na continuação desse trabalho. A decisão foi tomada com base nas seis alternativas viáveis a que se chegou ao longo do desenvolvimento do trabalho, e algumas questões relevantes, como logística e armazenamento, deverão ser definidas também na continuação do trabalho atual. A seleção da melhor alternativa tomou por base indicadores econômicos, ambientais e sociais determinados, mas o fundamental é conciliar os conceitos vistos ao longo do curso de Engenharia Ambiental com a situação atual da Universidade, colaborando com a proposta de sustentabilidade do campus.

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho de graduação tem como principal tema a possibilidade de valorização dos resíduos orgânicos, por meio de iniciativas que abordem a questão ambiental, econômica e social de forma positiva.

Nos últimos anos, a população cresceu menos que o volume de resíduos sólidos por ela produzido. No Brasil, entre 1990 e 2000, enquanto a população aumentou aproximadamente 16%, a quantidade de resíduos sólidos coletados, no mesmo período, aumentou em 56% (IBGE, 1970-2000). Nesse contexto, juntamente com o crescimento populacional e do consumo *per capita*, a sociedade deve encontrar meios de minimizar os impactos causados por essas mudanças. As grandes aglomerações urbanas convivem com esse problema de forma mais acentuada, sendo necessário um planejamento adequado que ampare esse desenvolvimento.

. As estratégias de criação de alternativas viáveis para minimizar a problemática do aumento da geração de resíduos sólidos nos últimos anos tornaram-se vitais para que se mantenha a qualidade de vida das gerações futuras, visando à sustentabilidade dos processos.

A partir de 2010, no Brasil, com a promulgação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (BRASIL, 2010) efetiva-se a preocupação com a geração e disposição dos resíduos gerados pela sociedade brasileira, definindo-se para isso prioridades a serem obedecidas. Como se observa no inciso II do artigo 7º do capítulo II, que versa a respeito dos princípios e objetivos desta lei, é explicitada a ordem de prioridades das ações, que determinam a hierarquia de resíduos: Não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, e disposição adequada dos rejeitos.



Figura 1 - Hierarquia de resíduos sólidos trazida pela PNRS 2010

Ressalta-se ainda a importância para este trabalho do disposto no artigo 36 do capítulo 3 da PNRS, que trata da responsabilidade compartilhada do Gerador e do Poder Público. Estabelece que, no âmbito da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, deve-se implantar sistema de compostagem para resíduos sólidos orgânicos e ainda, em parceria com os agentes econômicos e sociais, criar formas de utilização do composto produzido.

Inserida neste cenário a Cidade Universitária Armando Salles de Oliveira (CUASO) do Campus USP da Capital necessita de iniciativas que contemplem os conceitos e os requisitos da legislação citada.

A Cidade Universitária Armando Salles de Oliveira enquadra-se como grande gerador, sendo, portanto, responsável pelo gerenciamento de seus resíduos sólidos. A Prefeitura do Campus é quem faz a gestão dos serviços de limpeza e coleta de resíduos sólidos dentro do campus.

Atualmente a Cidade Universitária Armando Salles de Oliveira não dispõem de nenhum sistema de tratamento de resíduos sólidos. Todos os resíduos orgânicos coletados, sejam nos restaurantes, sejam nas unidades, são misturados a outros resíduos não orgânicos sendo encaminhados para disposição final em aterro sanitário.

A poda é feita diretamente pela Prefeitura do Campus, os resíduos da poda são dispostos em caçambas contratadas que posteriormente são levadas pela empresa contratada para aterro sanitário. O serviço de coleta de resíduos sólidos dentro do Campus é todo feito por empresas terceirizadas.

Desta maneira, a gestão dos resíduos que é feita hoje, na qual não há tratamento e praticamente a totalidade vai direto para aterros sanitários, incidindo em elevados custos de transporte e de disposição final, não é sustentável e não responde às exigências socioambientais da contemporaneidade.

Este trabalho se justifica pela necessidade de alternativas sustentáveis para a gestão de resíduos sólidos na CUASO.

Levando-se em conta todos os resíduos gerados nesse campus teríamos uma dinâmica bastante complexa e de difícil controle. Desta maneira estabeleceu-se um recorte para o estudo: os resíduos orgânicos provenientes dos processos de poda e dos resíduos orgânicos originários do restaurante central da CUASO.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Buscar uma alternativa ambientalmente sustentável para a valorização dos resíduos orgânicos de poda e dos restaurantes universitários, gerados na Cidade Universitária Armando Salles de Oliveira do *campus* USP da capital.

2.2 Objetivos Específicos

- Realizar um diagnóstico do gerenciamento dos resíduos
- Efetuar levantamento da geração e caracterização dos resíduos orgânicos gerados na poda e no restaurante central.
- Avaliar e selecionar o método de compostagem mais adequado às características dos resíduos estudados.
- Projetar um sistema de logística de coleta, transporte e armazenamento que dê a necessária vazão aos resíduos gerados e, ao mesmo tempo, alimente a composteira nas taxas de aplicação a serem definidas.
- Projetar um sistema capaz de produzir composto orgânico para utilização no viveiro de plantas da PUSP Capital, reduzindo a necessidade de compra externa de insumos agrícolas.
- Estimar os custos da proposta do sistema de logística e de tratamento dos resíduos estudados.

3. REVISÃO DA LITERATURA

Segundo a PNRS ([BRASIL, 2010](#)) “*resíduo sólido é qualquer material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d’água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível*”.

3.1 Resíduos Sólidos - Cenário Brasileiro

Os aspectos legais relacionados à gestão e manejo dos resíduos sólidos no Brasil são definidos na Política Nacional de Saneamento Básico (Lei Federal n. 11.445 de 2007) e na Política Nacional de Resíduos Sólidos ([BRASIL, 2010](#)). A gestão dos diferentes tipos de resíduos em relação a sua origem e periculosidade tem responsabilidades definidas nas duas leis citadas. Este fato implica em diferentes mecanismos de coleta, transporte, destinação e disposição final dos resíduos gerados. O poder público tem a função de atuar em todo o processo de gerenciamento dos resíduos sólidos de sua responsabilidade, além de disciplinar os outros fluxos de resíduos, como os resíduos de grandes geradores, de construção civil, de saúde, entre outros ([JACOBI e BESEN, 2011](#)).

A indicação de cada tipo de resíduo sólido, fonte geradora e composição dos resíduos produzidos, de quem é a responsabilidade pelo gerenciamento e quais os possíveis métodos de tratamento e disposição final, para cada tipo de resíduo gerado, encontram-se indicados na Tabela 1. Em destaque estão os resíduos que serão abordados neste trabalho.

Tabela 1 – Fonte, composição, responsável e tipo de tratamento/disposição final, por tipo de resíduos sólidos

Resíduos sólidos	Fontes geradoras	Resíduos produzidos	Responsável	Tratamento e disposição final
Domiciliar (RSD)	Residências, edifícios, empresas, escolas	Sobras de alimentos, produtos deteriorados, lixo de banheiro embalagens de papel, vidro, metal, plástico, isopor, longa vida, pilhas, eletrônicos baterias, fraldas e outros	Município	1. Aterro sanitário 2. Central de triagem de recicláveis 3. Central de compostagem 4. Lixão*
Comercial Pequeno gerador	Comércios, bares, restaurantes, empresas	Embalagens de papel e plástico, sobras de alimentos e outros	Município define a quantidade	1. Aterro sanitário 2. Central de triagem da coleta seletiva 3. Lixão*
Grande gerador (maior volume)	Comércios, bares, restaurantes, empresas	Embalagens de papel e plástico, sobras de alimentos e outros	Gerador	1. Aterro sanitário 2. Central de triagem de recicláveis 3. Lixão*
Limpeza Pública	Varrição e poda	Poeira, folhas, papéis e outros	Município	1. Aterro sanitário 2. Central de compostagem 3. Lixão*
Serviços de saúde (RSS)	Hospitais, clínicas, consultórios, laboratórios, outros	Grupo A – biológicos: sangue, tecidos, vísceras, resíduos de análises clínicas e outros Grupo B – químicos: lâmpadas medicamentos vencidos e interditados, termômetros, objetos cortantes e outros Grupo C – radioativos Grupo D – comuns; não contaminados; papéis, plásticos, vidros, embalagens e outros	Município e gerador	1. Incineração 2. Lixão* 3. Aterro sanitário 4. Vala séptica 5. Micro-ondas 6. Autoclave 7. Central de triagem de recicláveis
Industrial	Industrial	Cinzas, lodos, óleos, resíduos alcalinos ou ácidos, plásticos, papel, madeira, fibras, escórias e outros	Gerador	1. Aterro industrial 2. Lixão*
Serviços de transportes	Portos, aeroportos, terminais	Resíduos sépticos, sobras de alimentos, material de higiene e asseio pessoal e outros	Gerador	1. Incineração 2. Aterro sanitário 3. Lixão*
Agrosilvo-pastoris	Agricultura	Embalagens de agrotóxicos, pneus e óleos usados, embalagens de medicamentos veterinários, plásticos e outros	Gerador	Central de embalagens vazias do Inpev ⁴
Construção civil (RCC)	Obras e reformas residenciais e comerciais	Madeira, cimento, blocos, pregos, gesso, tinta, latas, cerâmicas, pedra, areia e outros	Gerador Município e gerador pequeno e grande	1. Ecoponto 2. Área de transbordo e triagem (ATT) 3. Área de reciclagem 4. Aterro de RCC 5. Lixões*

Fonte: (JACOBI & BESEN, 2011)

* Aterros controlados estão na mesma categoria que os lixões, apesar da literatura considerar algumas diferenças conceituais entre eles.

Nos últimos anos, apesar da temática do gerenciamento de resíduos sólidos estar em pleno desenvolvimento, principalmente em razão da recém-criada Política de Resíduos Sólidos (PNRS), ainda há muitos processos e atitudes que podem ser melhorados, tanto em termos dos resíduos sólidos urbanos, como dos resíduos especiais e os de responsabilidade dos grandes geradores. Segue no gráfico 1, distribuição dos resíduos sólidos coletados no Estado de São Paulo em 2012 e 2013 de acordo com o relatório da Abrelpe.

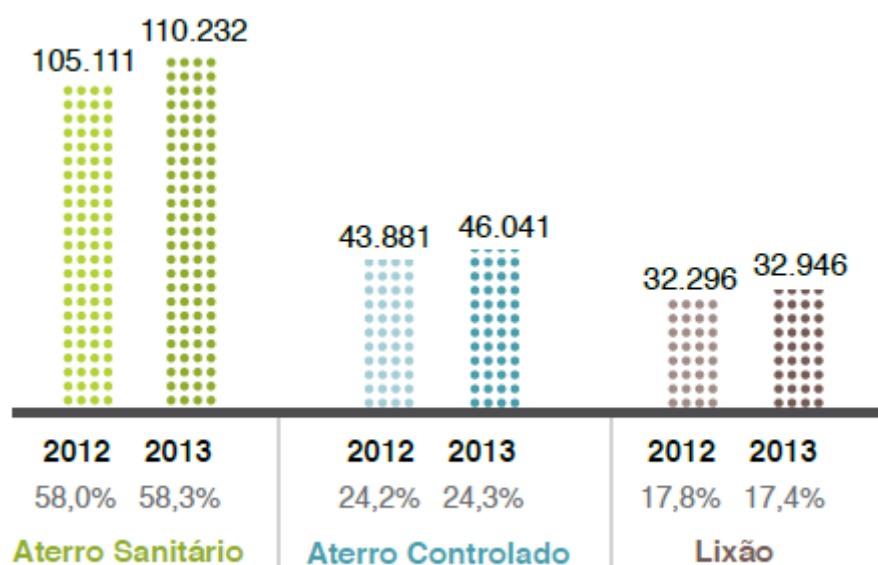


Gráfico 1 - Distribuição dos resíduos sólidos coletados no Estado de São Paulo em 2012 e 2013. Fonte: Abrelpe (2013)

A coleta seletiva trata da segregação dos resíduos, que começa na fonte geradora com a separação dos materiais em orgânicos e inorgânicos; e em seguida com a sua apresentação para coletas diferenciadas, que poderá ser disposta na porta de sua residência, estabelecimento comercial ou indústria. A coleta envolve algumas modalidades, como porta-a-porta, realizada pelo poder público ou por catadores, ou entrega voluntária em pontos de entrega voluntária (PEVs) ou a cooperativas de catadores. Posteriormente esse material será separado ou triado nas centrais de triagem, por tipo, como papel (papelão; jornal; papel branco...), plástico (pet; pvc;), metal (alumínio; flandree; cobre...), embalagens compostas etc., os quais serão organizados e enfardados, e comercializados para serem reciclados, tornando-se um outro produto ou insumo, na cadeia produtiva. (BRASIL, 20--). A

seguir são apresentados os dados mais atualizados referentes à coleta seletiva nos municípios brasileiros.

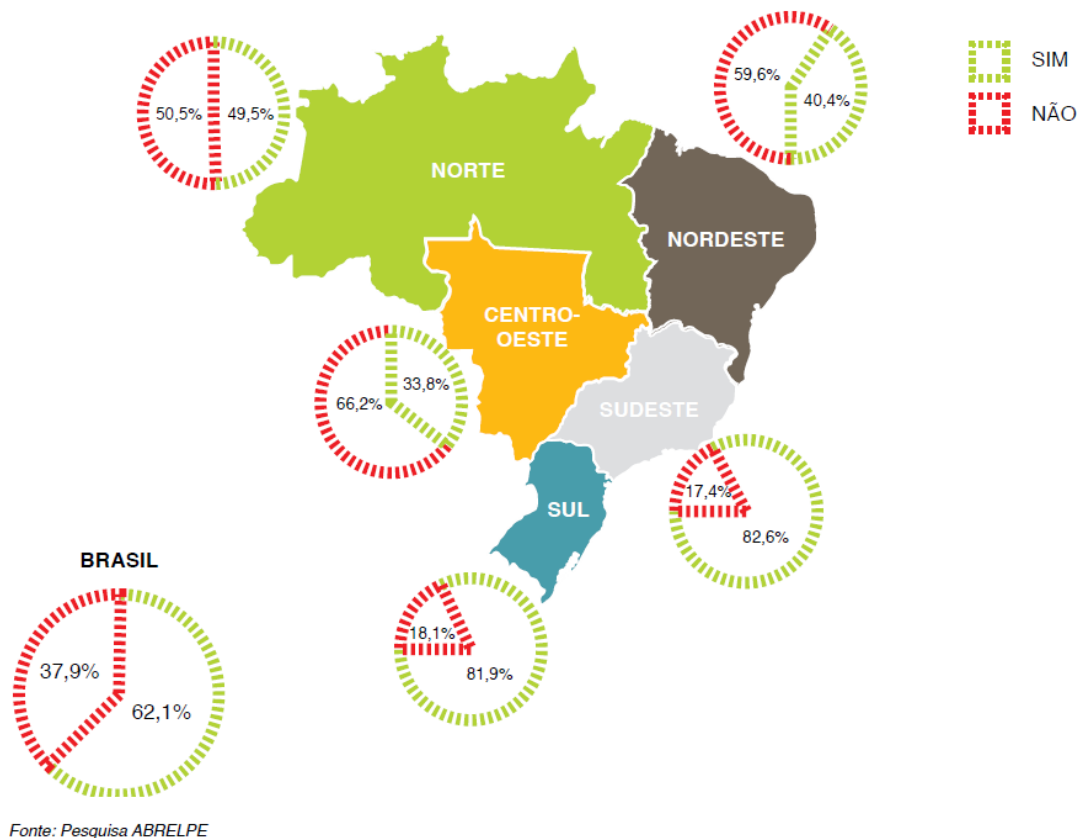


Gráfico 2 – Distribuição da coleta seletiva nos municípios brasileiros, 2013
Fonte: Abrelpe (2013)

Em linha com o potencial de valorização dos RSU, 32% dos resíduos coletados são recicláveis e que 51% é matéria orgânica (BRASIL, 20--). Entretanto, somente 4% da matéria orgânica é destinada à processos de compostagem (CEMPRE, 2010). Isso mostra o total enquadramento da proposta do trabalho na atual política governamental.

3.2 Resíduos sólidos no município de São Paulo

De acordo com o Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Município de São Paulo ([PMSP, 2012b](#)), “a Administração Direta do Município de São Paulo funciona sob a estrutura organizada e harmônica de vinte e sete Secretarias e trinta e uma Subprefeituras, estas vinculadas à Secretaria Municipal de Coordenação das Subprefeituras (SMSP)”. Nessa estrutura temos a Secretaria Municipal de Serviços (SES), responsável pela limpeza urbana e a gestão de iluminação pública. Para a área da limpeza urbana, foi criada a Autoridade Municipal de Limpeza Urbana (AMLURB), que possui como objetivo gerir a limpeza pública e dos resíduos sólidos urbanos em quase toda a extensão territorial do município. Baseado nessa estrutura, empresas privadas fazem o serviço de limpeza pública por meio do contrato de concessões ou prestações de serviços. Toda a fiscalização e orientação de acordo com o contrato firmado é de responsabilidade da AMLURB.

Diariamente são geradas cerca de 18 mil toneladas de resíduos sólidos urbanos (RSU) no município de São Paulo. Nessa conta são incluídos resíduos domiciliares, de saúde, de feira, podas de árvores, entulho, etc. Desse total, 10 mil toneladas diárias são referentes aos resíduos domiciliares ([PMSP, 2012b](#)).

Com relação à coleta seletiva, atualmente a cidade coleta em torno de 190 toneladas diárias (1,6% dos resíduos sólidos urbanos (RSU) somente). Calcula-se que na composição dos resíduos destinados aos aterros sanitários, mais de 2 mil toneladas diárias são passíveis de reciclagem ([PMSP, 2012b](#)).

A Lei Municipal 14.973/2009 estabelece quais geradores de resíduos sólidos podem se enquadrar na categoria de grandes geradores, definidos como “Estabelecimentos comerciais, industriais, de prestação de serviços, públicos e institucionais que geram acima de 200 litros de resíduos por dia”. A cidade universitária como um todo e cada unidade em particular enquadram-se nessa categoria, pois geram mais do que o limite de 200 litros de RSU diariamente.

Nesse contexto, a cidade de São Paulo tem como uma das diretrizes para os resíduos sólidos a máxima valorização dos resíduos orgânicos, prioritariamente por meio de processos *in situ* pela compostagem e alternativamente pela biodigestão de pequenos volumes. Além disso objetiva-se a implantação da

compostagem e biodigestão *in situ* e uso do composto nos locais de geração, em agricultura urbana e produção de alimentos saudáveis e plantas (PMSP, 2012b).

De acordo com os dados analisados, fica evidente a importância tanto para o cenário brasileiro quanto para o município de São Paulo é evidente a implantação de medidas que objetivem a prevenção da geração e a valorização dos resíduos sólidos urbanos, com os tratamentos adequados, de acordo com a situação. O objetivo é diminuir a quantidade de resíduo transportada, melhorar a gestão de recursos do Estado, utilizar o potencial de valorização dos resíduos, entre outros. O projeto em questão coaduna-se com os mesmos objetivos, porém em um ambiente local, o campus Butantã da Universidade de São Paulo.

3.3 Resíduos Orgânicos

Resíduos de poda, também denominados resíduos verdes e também os resíduos orgânicos gerados em unidades de produção e distribuição de alimentação, são excelentes fontes para a produção de compostos orgânicos por meio dos processos elencados nos subitens anteriores.

3.3.1 Resíduos de Poda, Capina e Roçada

A arborização urbana é definida como toda vegetação arbórea que integra e compõe a paisagem urbana. Podendo ser dividida em áreas verdes (parques, praças e jardins) e arborização de ruas (vias públicas de circulação), é um dos componentes bióticos mais relevantes das cidades. Caracteriza-se como um dos mais importantes elementos que compõe o ecossistema urbano e que, pelos benefícios que produz, deve ser uma preocupação constante de qualquer planejamento urbano (VERAS, 1986).

Segundo o Manual técnico de poda de árvores da Prefeitura Municipal de São Paulo (2012a), *“a poda, visa basicamente conferir à árvore uma forma adequada durante o seu desenvolvimento (poda de formação); eliminar ramos mortos, danificados, doentes ou praguejados (poda de limpeza); remover partes da árvore que colocam em risco a segurança das pessoas (poda de emergência); e*

remover partes da árvore que interferem ou causam danos incontornáveis às edificações ou aos equipamentos urbanos (poda de adequação)”.

As operações de poda e remoção da arborização urbana geram resíduos na forma de galhos, ramos, folhas, sementes, frutos e raízes. Esses resíduos devem ser gerenciados pelo sistema de limpeza urbana municipal. Quando a geração acontece em área não pública, a responsabilidade por este gerenciamento é do gerador.

A capina (Figura 1) é realizada em vias e logradouros retirando-se a vegetação "invasora" seja ela herbácea (gramíneas), arbustiva e/ou leguminosa, incluindo a raspagem de terra e barro e a varrição dos trechos capinados, inclusive calçadas e sarjetas. O corte é executado de forma manual com o emprego de enxadas, chibancas, picaretas ou ferramentas e instrumentos equivalentes. A capina mecanizada é executada com a utilização de máquina capinadeira de uso urbano e a roçada mecanizada é executada com a utilização de roçadeira costal mecânica. Conforme o tipo de pavimentação e dos locais, utiliza-se um ou outro serviço ou mais de um serviço combinado.

Roçada é o procedimento de corte e retirada da vegetação de pequeno porte dentro da mata natural ou da arborização e vegetação implantada, visando tornar as áreas livres de espécies daninhas, dando-lhes melhor aspecto e ao mesmo tempo, evitar a ocorrência de incêndios, proliferação de vetores (mosquitos e roedores).

3.3.2 Resíduos de Restaurante

Os resíduos sólidos gerados em restaurantes podem ser divididos em orgânicos e inorgânicos.

Os resíduos orgânicos são compostos por restos de alimentos e outros materiais que degradam rapidamente na natureza, tais como: cascas de frutas, cascas de legumes, ovos e suas cascas, folhas de verduras, restos de frutos e vegetais, pó de café e alimentos preparados não comercializados. Os resíduos inorgânicos provêm de produtos em geral industrializados, utilizados para a embalagem de outros produtos. Tem baixa taxa de biodegradabilidade e muitos podem ser reciclados como: papelão, papel, plásticos, vidros e metais.

Em se tratando de resíduos orgânicos gerados, as *sobras* dos alimentos, segundo [Abreu et al. \(2003\)](#), são os excedentes de alimentos que foram produzidos e não distribuídos. Ainda pode-se dizer que *sobras* são alimentos prontos para o consumo e que ficaram no balcão térmico ou refrigerado. Pode-se incluir, também, nesta definição de *sobras*, os alimentos não preparados e pré-preparados ([SILVA JUNIOR, 1995](#)).

Já em relação aos *restos*, [Abreu et al. \(2003\)](#) define como os alimentos distribuídos ou comercializados e não consumidos. Ainda pode-se afirmar que resto é o alimento que fica no prato do cliente e não chega a ser consumido ([SILVA JUNIOR, 1995](#)).

Em [Viana \(2005\)](#), o termo *resíduos alimentares* refere-se aos “resíduos orgânicos originados do preparo da alimentação humana, seja ele na cozinha da residência ou em qualquer outro tipo de estabelecimento”.

O processo produtivo de refeições em larga escala é responsável por produzir quantidades consideráveis de resíduos sólidos, os quais, se não forem gerenciados adequadamente, podem contribuir para o aumento dos problemas ambientais ([Venzke, 2006](#)). Os restos de alimentos (comida), folhas e cascas de hortaliças e frutas são resíduos ricos em nitrogênio, apresentando relação C/N baixa, menor que 30/1 ([NUNES, 2009](#)).

Os restos de comida dos restaurantes são classificados como resíduos sólidos classe II-A (não perigosos e não inertes) pela NBR-10.004/2004.

3.4 Técnicas de Compostagem

A compostagem pode ser definida como processo controlado de decomposição aeróbia e exotérmica da substância orgânica biodegradável, por meio da ação de microrganismos autóctones, com liberação de gás carbônico e vapor de água, produzindo, ao final, um produto estável e rico em matéria orgânica denominado composto orgânico ([DE BERTOLDI et al., 1983](#); [SENESI 1989](#); [ABNT, 2004](#); [BIDONE E POVINELLI, 1999](#); [KIEHL, 2004](#)). Partindo dessa definição, torna-se claro o motivo para o aumento na utilização do processo de forma global, em um contexto em que se preza a sustentabilidade e em um planeta onde a população cresce gradualmente e a geração de resíduos está cada vez maior.

De forma prática, o processo transforma os resíduos sólidos orgânicos em composto orgânico, que é insumos para a agricultura. Transforma o que era considerado anteriormente um resíduo desagradável em produto de fácil manipulação, de odor agradável e sem a presença de microrganismos patogênicos. Simplificadamente, o processo pode ser descrito na Figura 2:

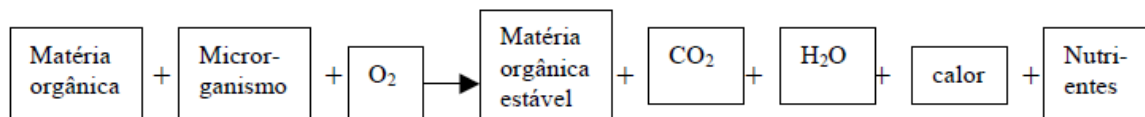


Figura 2 - Esquema básico da compostagem

Durante o processo há a formação de húmus, pois os microrganismos utilizam os componentes da matéria orgânica para o crescimento dos seus tecidos, e posteriormente há a transformação biológica em uma substância escura com propriedades físico-química totalmente diversas em relação ao resíduo inicial, o composto orgânico.

A compostagem pode ser feita de diversas maneiras. A escolha do tipo a ser empregado é fundamental para a eficiência do projeto. Com o avanço tecnológico, diversas alternativas surgiram, além das técnicas manuais já existentes. Os processos podem ser divididos em três grupos diferentes, segundo Fernandes e Silva (1999):

Sistemas de leiras revolvidas (*windrow*): os resíduos orgânicos são dispostos em leiras, com a aeração feita pelo revolvimento da mistura, fazendo com que o oxigênio presente no ar seja incorporado aos resíduos. No sistema deve-se considerar a insuflação de ar sob pressão nas leiras.

Sistemas de leiras estáticas aeradas (*static pile*): onde o material que será compostado deve ser depositado sobre uma tubulação perfurada que é responsável pela promoção da circulação de ar dentro da leira, injetando-o ou aspirando-o.

Sistemas, fechados ou reatores biológicos (*In-vessel*): Os resíduos são colocados em sistemas fechados, onde os fatores intervenientes do processo são

controlados durante o processo da compostagem ([FERNANDES E SILVA, 1999](#)). É de se ressaltar que existem diversos tipos de reatores, os reatores de fluxo vertical, horizontal ou por batelada.

Os primeiros dois sistemas são realizados ao ar livre, na maioria das vezes, mas há exceções. Já a compostagem por meio de reatores biológicos possui diversas maneiras e níveis de automação. O gráfico 3 apresenta um comparativo dos métodos de compostagem.

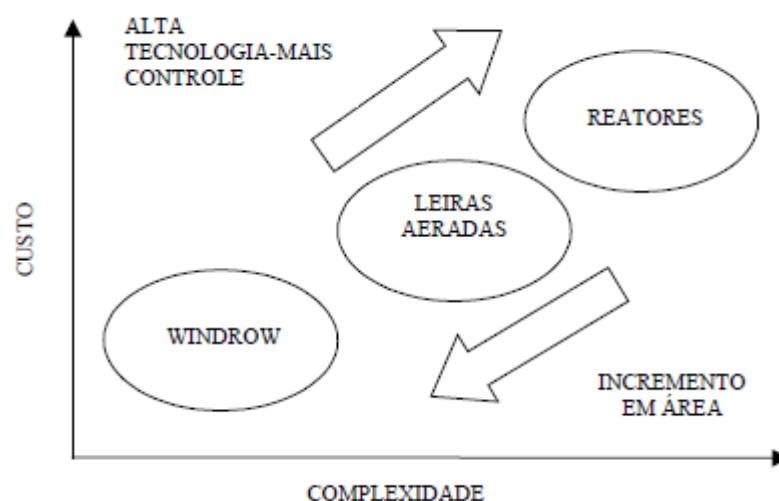


Gráfico 3 - Comparação dos métodos de compostagem

Fonte: Reis (2005)

Sistemas de leiras revolvidas (windrow)

O método de leiras revolvidas é utilizado constantemente para a compostagem de resíduos sólidos domiciliares, por possuir o mais baixo valor de investimento e manutenção. A aeração tem como objetivo aumentar a porosidade da pilha e melhorar a homogeneidade dos resíduos ([CARMICHAEL, 1999](#); [MASSUKADO, 2008](#)). É feita por meio da difusão e convecção do ar da massa do composto. No entanto o processo tem uma limitação, pois alguns estudos dizem que depois de uma hora o nível de oxigênio da leira pode chegar a zero ([FERNANDES E SILVA, 1999](#)).

Funciona basicamente da seguinte forma, o resíduo é disposto em grandes leiras que são revolvidas de forma periódica. As leiras possuem altura de cerca de

1,5m a 1,8m e largura de 2,5m a 4,5m. A forma varia conforme as condições pluviométricas do local, podendo ser piramidal em cunha ou tronco piramidada. No caso de maior necessidade de manutenção da umidade das leiras, prefere-se a opção da leira piramidada, em geral (BIDONE, 2010). Para isso são necessários alguns equipamentos, que podem ser segmentados em máquinas tracionadas denominadas auto-propelidas, porque se movimentam sobre a leira realizando o revolvimento e máquinas tracionadas por trator (REIS, 2005). Na figura 3 é apresentado um esquema típico de leiras revolvidas com equipamento auto propelido.

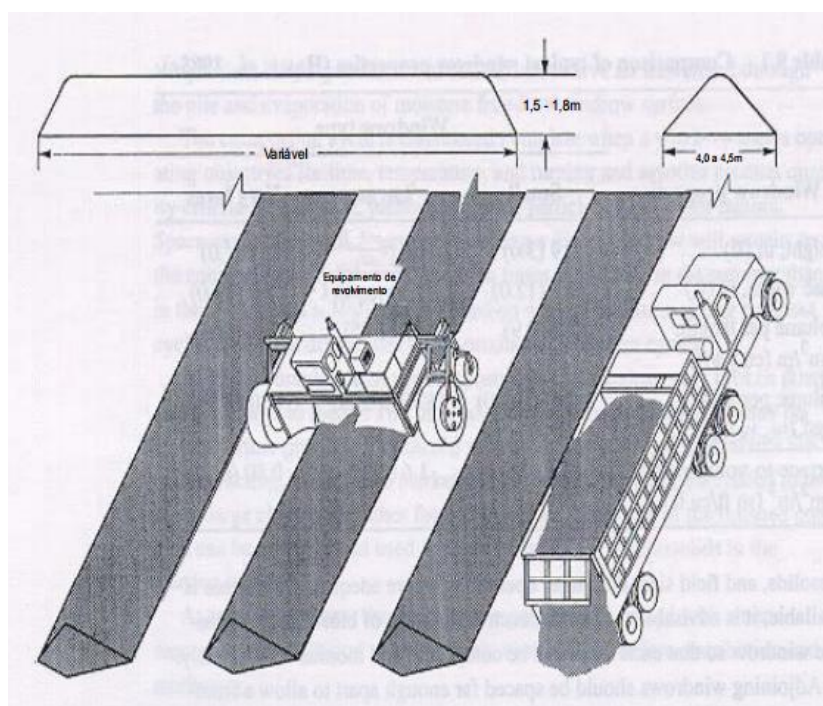


Figura 3 - Leiras revolvidas com equipamento auto compelido

Fonte: FERNANDES E SILVA (1999)

Outra questão que é importante de ser analisada trata da temperatura das leiras. O tempo médio de compostagem nesse sistema deve girar em torno de 60 a 90 dias, sendo necessário mais 45 para estabilização. A questão da temperatura e da umidade é importante. As operações de revolvimento e reposição de umidade fazem parte do controle desses parâmetros. É interessante ressaltar que a eliminação dos patógenos ocorre nos 15 dias iniciais, com a estabilização nos 15 dias seguintes e, entre 45 a 60 dias, o material deve estar completamente humificado. Isso ocorre, dado o insulflamento mecânico de ar, pois a degradação

em menor tempo, sendo essa a grande vantagem do processo *windrow* (BIDONE,2010).

Sistemas de leiras aeradas (static pile)

Nesse sistema os resíduos são colocados dentro de uma tubulação perfurada, conectada a um soprador industrial. Por um sistema de injeção de ar sob pressão ou por sucção é fornecida a aeração necessária ao processo. Por esse motivo, a degradação do ar ocorre de forma mais rápida se comparado ao método *windrow*. Normalmente a pilha de leiras tem altura de 2 a 2,5m com um soprador ou exaustor individual para controle aprimorado da aeração. O motivo para que esse ar seja introduzido na mistura é para prover o oxigênio na transformação biológica dentro da pilha para manutenção do processo aeróbio. Varia de 21 a 28 dias em média a compostagem acelerada, mais um período de 35 dias para a cura do material. A eficiência do processo pode ser aumentada, com uma cobertura de 5cm de composto já curado para proteger de ressecamento superficial, além de evitar a proliferação de vetores. Ademais, para tratamento de odores, o ar expirado pode passar por uma leira de composto já maturado, já que o composto maturado tem a capacidade de reter moléculas voláteis orgânicas, responsáveis pelo mau odor (TCHOBANOGLIOUS, 1993; KIEHL, 1998; BRUNI, 2005; FERNANDES E SILVA, 1999).

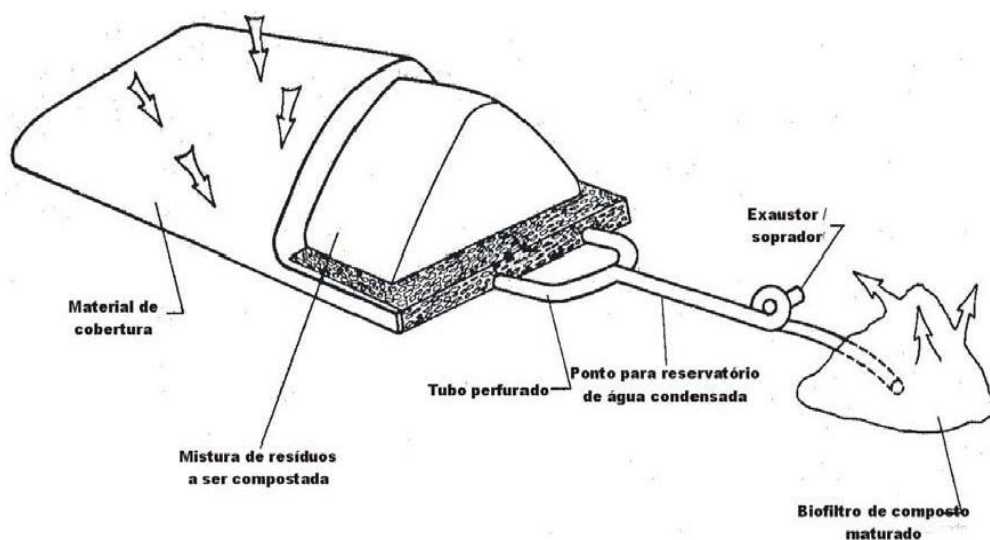


Figura 4 - Sistemas de Leiras Aeradas

Fonte: FERNANDES E SILVA, 1999

Sistemas fechados ou reatores biológicos (In-vessel)

Os reatores de sistemas fechados (In-vessel) possuem a vantagem de se conseguir controlar todos os parâmetros de influência no processo, por esse motivo a parte termófila do ciclo é reduzida, o que para muitos autores passa a ser chamada de “compostagem acelerada”. Nesse processo são utilizados diversos dispositivos de maior tecnologia, como bioestabilizadores e digestores. Evidentemente, por se ter um maior controle do processo, é mais eficiente o controle dos patógenos e do odor da compostagem, além do processo ter uma duração menor, cerca de 7 a 20 dias.

A aeração é medida por meio do teor de oxigênio dos gases de saída do reator e, quando a porcentagem de oxigênio estiver próxima de 2%, a vazão é aumentada para que se evite a anaerobiose. Apesar do processo de compostagem ser mais rápido, o composto ainda deve passar por um período de maturação (cura) de 67 dias antes de ser utilizado.

A variedade de fabricantes de equipamentos é grande e podemos categorizar em três diferentes tipos:

- Reatores de fluxo vertical
- Reatores de fluxo horizontal
- Reatores de batelada

Basicamente, os dois primeiros fluxos são contínuos, com o período de detenção definido pela velocidade que os resíduos percorrem desde a entrada e a saída do reator. Já os reatores de batelada funcionam com uma determinada quantidade de resíduos, descarregado em bateladas, com o novo processo recomeçando com novos resíduos (FERNANDES E SILVA, 1999).

3.5 Fatores intervenientes do processo

Aeração

Os microrganismos necessitam de oxigênio para conseguirem se alimentar da matéria orgânica presente no composto. Por esse motivo, a presença de ar, em um processo aeróbio é fundamental na garantia de eficiência da atividade dos microrganismos. A aeração pode ser feita por meio de revolvimento manual ou de forma mecânica, como com insulflamento de ar.

A circulação de ar na massa do composto é, portanto, de importância primordial para a compostagem rápida e eficiente. Esta circulação depende da estrutura e umidade da massa e também da tecnologia de compostagem utilizada. A aeração também influi na velocidade de oxidação do material orgânico e na diminuição da emissão de odores, pois quando há falta de aeração o sistema pode tornar-se anaeróbio ([FERNANDES e SILVA, 1999](#)).

Por outro lado, é difícil na prática se medir a aeração como um parâmetro de controle. Utiliza-se a temperatura, a umidade e o tempo de revolvimento para se mensurar o impacto. Externamente, a pilha contém 18% a 20% de O₂, próximo a atmosfera; caminhando para o interior da pilha, o oxigênio vai baixando, até que em profundidades maiores que 0,60m, reduz-se de 0,5% a 2% na base e no centro da pilha. Considera-se que, idealmente, na fase termófila a concentração de O₂ deva ser de 5%, já se encontrando, no entanto, 0,5% sem sistemas de anaerobiose. Para fins de dimensionamento de equipamentos eletromecânicos de insulflamento de ar nas leiras de compostagem são recomendados 0,3m³ a 0,6m³ de ar por quilograma de sólidos voláteis por dia ([BIDONE, 2010](#)).

Temperatura

A compostagem aeróbia pode ocorrer tanto em regiões de temperatura termofílica (45 a 85°C) como mesofílica (25 a 43°C). Embora a elevação da temperatura seja necessária e interessante para a eliminação de microrganismos patogênicos, alguns pesquisadores observaram que a ação dos microrganismos

sobre a matéria orgânica aumenta com a elevação da temperatura até 65°C e que acima deste valor o calor limita as populações aptas, havendo um decréscimo da atividade biológica (FERNANDES e SILVA, 1999). Na faixa ideal, ocorre a quase completa erradicação do meio de ervas daninhas e dos microrganismos patogênicos, o que garante a qualidade sanitária do composto. (BIDONE, 2010).

O tamanho da leira influencia para que a mesma atinja temperaturas suficientes para eliminar os organismos patogênicos. (MASSUKADO, 2008). Segundo Rodrigues (2004), a leira deve ter tamanho suficiente para impedir a rápida dissipação de calor e umidade, admitindo-se um volume mínimo de 1m³. Abaixo pode-se ver a evolução da temperatura em uma leira de compostagem (gráfico 4).

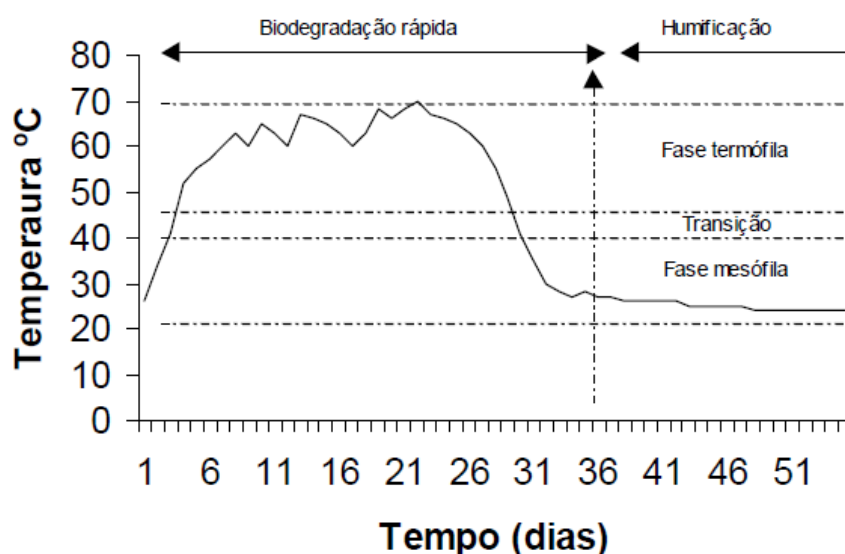


Gráfico 4 - Fases da Compostagem relativas a temperatura em função do tempo

O gráfico acima mostra de forma simplificada, as diferentes fases do processo de compostagem, principalmente as duas fases (degradação rápida e maturação) e a temperatura como uma das variáveis chave ambas as fases. Na fase de degradação rápida, também chamada de bioestabilização, há intensa atividade microbiológica e rápida transformação da matéria orgânica. Portanto, há grande consumo de O₂ pelos microrganismos, elevação da temperatura e

mudanças visíveis na massa de resíduos em compostagem, pois ela se torna escura e não apresenta odor agressivo. Mesmo com tantos sinais de transformação o composto não está pronto para ser utilizado. Ele só estará apto a ser disposto no solo após a fase seguinte, chamada de maturação. Na fase de maturação a atividade biológica é pequena, portanto a necessidade de aeração também diminui. O processo ocorre à temperatura ambiente e com predominância de transformações de ordem química: polimerização de moléculas orgânicas estáveis no processo conhecido como humificação ([FERNANDES e SILVA, 1999](#)).

Claro que diversos fatores influenciam a temperatura do composto, desde a relação C/N, pois composto com um valor baixo desse parâmetro costumam aquecer rapidamente, até a aeração, onde locais com uma boa aeração alcançam rede forma rápida altas temperaturas, mas pedem calor rapidamente. Por esse motivo, é necessário que se olhe todo o conjunto de fatores intervenientes do processo, não somente um item isolado.

Bactérias

A importância das bactérias se dá principalmente na fase termófila, quando atua na digestão de algumas substâncias orgânicas presentes. Basicamente a função é de decomposição da matéria orgânica, independente da origem, ajudar na fixação do nitrogênio, aumentando a disponibilidade de nutrientes, além de agregar partículas no solo.

Fungos

Fundamentalmente a função dos fungos no processo é a decomposição dos resíduos resistentes de animais e vegetais, decomposição em alta temperatura de adubação verde, fixação de nitrogênio. Diferentemente das bactérias, os fungos juntamente com os actinomicetos são os responsáveis na degradação do material celulósico.

Actinomicetos

Os actinomicetos são organismos intermediários entre as bactérias e os fungos (unicelulares), apenas menores que as bactérias. O pH afeta muito a sua atuação; não se tem desenvolvido culturas em baixas faixas de pH. Seu papel é pouco conhecido nas transformações do solo. São maus competidores, razão pela

qual aparecem no meio em compostagem quando escasseiam bactérias e fungos (BIDONE, 2010).

Na compostagem sua atuação se resume a formação de húmus, decomposição dos resíduos resistentes de animais ou vegetais e decomposição de adubação verde, feno, e composto, além da fixação do nitrogênio.

pH

Durante o processo de compostagem vários fatores podem fazer o pH variar. De um modo geral, no início do processo ocorre uma redução do pH devido à produção dos ácidos orgânicos (fórmico, acético e pirúvico). Posteriormente, estes ácidos são decompostos até serem totalmente oxidados, assim o pH passa a subir e normalmente se estabiliza em uma faixa próxima do neutro (OLIVEIRA, 2008)

Relação Carbono/ Nitrogênio

Um dos parâmetros mais importantes para a garantia de eficiência no processo de compostagem, a escolha dos resíduos sólidos urbanos que serão utilizados no processo muito se baseou para se ter uma relação perto da ótima, por isso a escolha dos resíduos de poda combinados com os resíduos alimentares do restaurante universitários, pois os resíduos de poda possuem uma alta relação C/N, enquanto os resíduos alimentares possuem uma baixa relação C/N, portanto se tornam complementares.

Os microrganismos absorvem os elementos C e N em uma proporção de 30:1. Dez partes do C são incorporadas ao protoplasma e 20 eliminadas como gás (CO₂); o nitrogênio é assimilado na estrutura na proporção 10:1, ou seja, dez partes de carbono para uma parte de nitrogênio. Essas considerações explicam porque o húmus, produto da ação dos microrganismos, apresenta C/N na proporção 10:1 (BIDONE, 2010).

Se a relação C/N for muito elevada os microrganismos não encontrarão N suficiente para a síntese de proteínas e terão seu desenvolvimento limitado. Como resultado, o processo de compostagem será mais lento. Independentemente da relação C/N inicial, no final da compostagem a relação C/N converge para um mesmo valor, entre 10 e 20, devido a perdas maiores de carbono que de nitrogênio, no desenvolvimento do processo (FERNANDES e SILVA, 1999).

Segue abaixo os problemas e consequências devido a diferentes intervalos da relação C/N durante o processo de compostagem de RSD:

Tabela 2 - Relação Carbono/Nitrogênio e consequências

Relação C/N	Problema	Consequência
acima de 50/1	Deficiência de oxigênio	Tempo de maturação mais prolongado
Entre 25/1 e 31/1	Não há	Tempo de maturação ideal, caso outros fatores também sejam atendidos
menores que 10/1	Perda de nitrogênio por volatilização na forma de amônia	Tempo de maturação mais reduzido

Fonte: MASSUKADO, 2010.

A tabela só reforça a importância da relação C/N no processo de compostagem.

Tamanho da partícula

Alguns autores obtiveram condições ótimas de compostagem com substratos apresentando de 30 a 36% de porosidade (FERNANDES e SILVA, 1999). As dimensões ideais, como já dissemos anteriormente das partículas é entre 1cm e 5 cm. Para isso que o processo de trituração é tão importante para a compostagem, pois melhora a sustentação, a porosidade e a decorrente aeração.

Umidade

Umidade é um fator essencial para a sobrevivência dos microrganismos fundamentais no processo da compostagem. No composto, o teor ótimo de umidade, de modo geral, situa-se entre 50 e 60%. O ajuste da umidade pode ser feito pela criteriosa mistura de componentes ou pela adição de água. Na prática se verifica que o teor de umidade depende também da eficácia da aeração, das características físicas dos resíduos (estrutura, porosidade). Elevados teores de umidade (>65%) fazem com que a água ocupe os espaços vazios do meio, impedindo a livre passagem do oxigênio, o que poderá provocar aparecimento de zonas de anaerobiose. Se o teor de umidade de uma mistura é inferior a 40% a atividade biológica é inibida, bem como a velocidade de biodegradação (FERNANDES e SILVA, 1999). Quando há excesso de umidade, o seu ajustamento pode ser realizado por meio de revolvimentos, injeção de ar ou adição de material

seco à leira. Numa situação inversa, quando a umidade for baixa, é necessário fazer a irrigação de leira, de preferência no momento do revolvimento, para que a água seja distribuída igualmente (MASSUKADO, 2008). Segundo Barreira (2005, p. 39) “o excesso de umidade em uma leira pode ser facilmente percebido pela exalação de odores característicos de condições anaeróbias, como por exemplo, pela formação de gás sulfídrico (H_2S) ”.

A maioria das usinas em operação no Brasil utiliza no processo o método de compostagem, que consiste em pilhas/leiras com alturas predeterminadas e com configuração definida, *windrow method*. Neste método, o controle da umidade excessiva, quando se está compostando resíduos sólidos orgânicos urbanos, é obtido por meio de revolvimentos sistemáticos e periódicos, manuais ou mecânicos, que permitem o contato da massa de resíduo interna à pilha/leira com o ar atmosférico se a umidade for insuficiente, durante o revolvimento é feita a irrigação com chuveiros de crivos finos, com água bruta de boa qualidade (BIDONE, 2010).

Já se disse um pouco sobre o método de compostagem, porém é necessário se detalhar os tipos e processos de compostagem, para que podemos dadas as variáveis de projeto, definir qual a melhor opção a ser utilizada no estudo de caso.

4. MÉTODOS

4.1 Levantamento de dados

Primeiramente foi feito o levantamento dos dados existentes, por meio de consulta e entrevista a funcionários da Prefeitura do Campus USP - Capital.

4.2 Visitas de campo

Foram realizadas visitas de campo, descritas a seguir:

4.2.1 Visita ao restaurante central

No dia 11/06/2015, às 10:30 horas, foi realizada visita ao Restaurante Central da Superintendência de Assistência Social da USP (figura 5), sob a supervisão da nutricionista responsável.



Figura 5 – Instalações do Restaurante Central

Fonte: SAS (2015)

Nessa visita, pode-se compreender a logística da produção das refeições, do recebimento dos insumos até o descarte final.

O Restaurante Central é composto basicamente de áreas de estocagem, como freezers e depósitos; áreas de lavagem e higienização de panelas, bandejas e instrumentos diversos munida de tanques e pias; espaço destinado à preparação efetiva da refeição com tanques, fornos, panelas industriais entre outros; área destinada à entrega de refeições ao refeitório; área externa destinada à estocagem de resíduos e carga e descarga e finalmente por área de recebimento de sobras de alimentos das bandejas (Figura 6) juntamente com as bandejas e talheres.



Figura 6 - Bandeja utilizada em refeição
Fonte: SAS (2015)

Foram identificados pontos chave em relação à gestão dos resíduos:

- Posto de trabalho e área destinada à limpeza das sobras das bandejas provenientes do refeitório, antes de serem encaminhadas para lavagem;
- Segregação bastante efetiva das sobras das bandejas pelo operador responsável pelo recebimento de bandejas usadas no refeitório que as depositava em um saco de lixo comum;
- Uso de alimentos pré-preparados embalados a vácuo, os quais levam a uma diminuição significativa da produção de resíduos de pré-preparo como cascas, talos e sementes;
- Doação de alimentos processados e não consumidos para evitar perecimento;
- Produção relativamente não significativa de resíduos de pré-preparo.

4.2.2 Visita ao viveiro de mudas

Foi realizada a visita ao viveiro de mudas, localizado à rua do matão 805, um possível local para implantação da composteira, vistas nas figuras 7 e 8.



Figura 7 - Área disponível para compostagem
Fonte: Basso (2015)



Figura 8 - Acesso à área do viveiro
Fonte: Basso (2015)

4.2.3 Visita ao Shopping Eldorado

O processo é dividido em diversas etapas, inicialmente é feita a coleta na praça de alimentação, onde estão dispostas as áreas para a recepção de pratos com o que resta da alimentação. Esse resíduo é disposto em sacos da cor marrom, que identificam o resíduo orgânico.



Figura 9 – Sacos plásticos para resíduos orgânicos.

Em seguida os sacos são embalados e direcionados a central de compostagem, em um contêiner preparado para essa função.



Figura 10 – Recipiente para armazenamento de resíduos.

A terceira etapa consiste na trituração do resíduo do contêiner, por meio de um triturador para que o volume seja reduzido.



Figura 11 – Triturador de resíduos

A seguir são adicionadas as enzimas responsáveis pela aceleração do processo e também tem a função de eliminar os odores característicos, diminuindo assim a atração de vetores. No caso do Eldorado, as enzimas utilizadas mais comumente são as enzimas inibidoras de odor, por meio de um produto desenvolvido pela empresa Bioideias. Depois a massa composta passa por um processo de decomposição e é alocada na UCP (Unidade Compacta de Processamento para Compostagem). Por fim o composto está finalizando e já pode ser utilizado para agricultura. A seguir uma foto do composto finalizado



Figura 12 – Composto final

4.3 Análise gravimétrica dos resíduos

Mediante pesagem e medição de volume dos resíduos do restaurante central, pode-se estimar a densidade média dos resíduos pós consumo do restaurante central. Foram realizados 5 ensaios determinando a massa do resíduo e o volume de cada uma das amostras.

Tabela 3 – Análise gravimétrica

	Massa [resíduo + recipiente] (Kg)	Massa [resíduo] (Kg)	Volume (L)	Densidade Aparente (Kg /m ³)
Ensaio 1	5,008	4,528	4	1.132
Ensaio 2	7,630	7,140	6	1.190
Ensaio 3	9,264	8,784	8	1.098
Ensaio 4	11,231	10,751	10	1.075

4.4 Densidade aparente dos resíduos de poda

De acordo com Meira (2010), em seus estudos sobre os resíduos de arborização urbana da cidade de Piracicaba, SP, a densidade média dos resíduos mais frequentes varia de 0,5 a 0,7 g/cm³. Será considerado nesta etapa do trabalho o valor de densidade para os resíduos de poda e remoção de 0,6 g/cm³. Sabemos

que a variabilidade é muito alta, dependendo da espécie de árvore mais frequente na região de estudo, porém por estar no mesmo estado, se considerou válido admitir essa premissa.

4.5 Dados de peso médio diário de resíduos pós consumo no restaurante

Foi levantado os dados de produção de resíduos de dois meses consecutivos foram disponibilizados. A seguir os valores das pesagens para os meses de julho e agosto de 2015.

Tabela 4 – Pesagem resíduos em agosto/2015

	Viagens	Data	Peso (kg)	Ticket de Pesagem	Destino
USP BUTANTÁ	1	1-ago	5.400	726511	ITAPEVI
	1	4-ago	9.210	727636	
	1	5-ago	11.390	728268	
	1	7-ago	9.190	729739	
	1	8-ago	5.810	729827	
	1	11-ago	7.570	731428	
	1	11-ago	7.480	732048	
	1	12-ago	11.780	731971	
	1	13-ago	11.030	732395	
	1	14-ago	10.310	732683	
	1	15-ago	7.340	733109	
	1	17-ago	9.740	733688	
	1	18-ago	11.340	734209	
	1	19-ago	12.130	734840	
	1	20-ago	11.220	735610	
	1	21-ago	10.860	735860	
	1	22-ago	5.960	736355	
	1	29-ago	6.470	739496	
	1	29-ago	12.010	739134	
	1	31-ago	5.820	740137	

Tabela 5 – Valores agosto/2015

Descritivo de Valores			
Peso Total (ton)	273,99	R\$	32.913,82
Taxa de Aterro	R\$ 120,13		
Valor por Viagem	R\$ 919,57	R\$	34.943,66
Quantidade	38		
Gestão de Resíduos	R\$ 18.007,49	R\$	18.007,49
Valor Parcial	R\$ 85.864,97		

Tabela 6 – Pesagem de resíduos julho/2015

	Viagens	Data	Peso (kg)	Ticket de Pesagem	Destino
USP BUTANTÁ	1	1-jul	10.430	711933	ITAPEVI
	1	2-jul	9.440	712453	
	1	3-jul	9.810	712978	
	1	4-jul	7.370	713441	
	1	6-jul	4.220	713880	
	1	7-jul	5.140	255d7f	
	1	7-jul	4.970	714296	
	1	8-jul	8.030	715153	
	1	10-jul	8.200	715859	
	1	11-jul	2.850	716349	
	1	13-jul	2.350	716833	
	1	14-jul	9.560	717592	
	1	15-jul	9.760	718353	
	1	16-jul	10.660	718895	
	1	17-jul	8.760	719530	
	1	18-jul	6.300	719839	
	1	20-jul	6.820	720506	
	1	21-jul	8.460	720918	
	1	22-jul	9.000	721642	
	1	23-jul	10.480	722235	
	1	24-jul	8.270	722790	
	1	25-jul	5.370	723173	
	1	27-jul	6.650	723770	
	1	28-jul	8.810	724270	
	1	29-jul	9.780	724736	
	1	30-jul	11.050	725418	
	1	31-jul	9.660	726129	

Tabela 7 – Valores julho/2015

Descritivo de Valores			
Peso Total (ton)	234,75	R\$	28.199,92
Taxa de Aterro	R\$ 120,13		
Valor por Viagem	R\$ 919,57	R\$	37.702,37
Quantidade	41		
Gestão de Resíduos	R\$ 18.007,49	R\$	18.007,49
Valor Parcial	R\$ 83.909,78		

Esses dados referem-se à universidade como um todo, porém mostra o quão relevante é do ponto de vista econômico o gasto com resíduos da Universidade. Além mostra que talvez o investimento em um projeto piloto pode no futuro ser preponderante na elaboração de um plano de gestão de resíduos sólidos mais completo e que contempla todos os resíduos gerados pela Universidade, para assim alcançar um dos objetivos do Programa USP sustentável.

4.6 Definição de critérios

Na definição de critérios, utilizou-se 4 diferentes frentes de análise que são fundamentais para que se defina a melhor alternativa. A ordem de importância, também foi definida, priorizando setores com as quais a engenharia ambiental tem maior proximidade, mas contemplando as principais áreas do conhecimento. A seguir, os aspectos que serão analisados na matriz de decisão:

- Técnico
- Ambiental
- Econômico/Financeiro
- Jurídico

Dos aspectos acima, foi decidido que havia a necessidade de indicadores de desempenho, para que se avaliassem as alternativas de forma mais detalhada em cada uma das esferas citadas.

4.6.1 Análise Técnica

Do ponto de vista técnico, algumas questões se tornam mais relevantes conforme a decisão prévia da área a ser utilizada. Por esse motivo, priorizaremos

os subcritérios que, na nossa visão, são mais críticos para o projeto. Entre os subcritérios preponderantes, podemos elencar:

Odor: por estarmos em um campus universitário que está inserido em um ambiente urbano, e alguns prédios do campus possuem relativa proximidade com os locais de aulas dos alunos, o odor é um indicador bastante relevante na decisão da melhor alternativa a ser analisada. Para isso é necessário monitoramos a relação C/N. Para relações C/N inferiores a 30, o nitrogênio ficará em excesso e poderá ser perdido como amoníaco causando odores desagradáveis. Para relações C/N mais elevadas, a falta de nitrogênio irá limitar o crescimento microbiano e o carbono não será todo degradado conduzindo a que a temperatura não aumente, e a que a compostagem se processe mais lentamente (Oliveira, Sartori, Garcez, 2008). Por essa necessidade de monitoramento, as alternativas que geram maior odor terão as piores notas, pois causa incômodo de vizinhança.

Necessidade de adição de outros insumos: é importante compreender que a adição de outros insumos pode impactar também do ponto de vista técnico, pois o manejo desse insumo deve ser feito da forma adequada, além de economicamente tornar mais alto o custo de manutenção.

Desta forma, às alternativas que exigirem menor necessidade de adição de outros insumos serão atribuídas melhores notas.

Facilidade de operação: essa métrica diz respeito às operações que são necessárias para o processo produtivo, desde a retirada dos resíduos até a disposição final do produto. Pode ser considerado operação desde a geração de resíduo até a utilização do composto no viveiro. As alternativas que obtiverem menor quantidade de operações serão consideradas as melhores.

Qualidade do produto final: a qualidade do composto final é bastante relevante para o processo de decisão, pois define o valor de mercado do composto que será produzido e a eficiência que o composto poderá trazer para o viveiro onde será utilizado. Dentre as opções consideradas, têm-se diferentes processos de modificação e reaproveitamento do composto gerado. Dessa forma é importante levar em consideração a utilização prática dos resíduos tratados (composto orgânico) ao fim destes processos.

Necessidade de mão-de-obra especializada: no projeto em questão, onde mão-de-obra é um dos principais limitantes do projeto, quanto menor a necessidade de mão-de-obra, mais fácil será o êxito do projeto. Por esse motivo analisaremos

positivamente as alternativas que tiverem pouca necessidade de mão-de-obra especializada, já que há restrição orçamentária para contratação e questões burocráticas que dificultam a contratação de novos profissionais.

4.6.2 Análise Ambiental

Os parâmetros ambientais a serem utilizados no projeto têm como objetivo tornar o projeto ambientalmente adequado de acordo com as normas do MMA Ministério do Meio Ambiente (MMA) e da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). Adicionalmente, a escolha dos parâmetros foi feita para ajudar na agregação de valor ambiental ao projeto, minimizando os impactos que o projeto pode causar, com o aumento do aproveitamento da matéria-prima, redução da poluição visual e da emissão de poluentes atmosféricos e os impactos sociais intrínsecos.

Aproveitamento da matéria-prima: parâmetro de fundamental importância para que se consiga mensurar a quantidade de resíduos orgânicos que poderão ser reaproveitados. Quanto maior a quantidade de resíduo reaproveitada, maior a nota atribuída para a alternativa em questão. Esse critério é ambientalmente favorável, pois, mais que uma alternativa de impacto positivo para o meio, esse critério também aponta uma alternativa que beneficia a universidade ao garantir um uso mais adequado de um recurso que já se possui.

Poluição sonora: por inserir-se dentro do campus de uma universidade, o projeto que emitisse menos ruídos que pudessem atrapalhar a vizinhança foi melhor classificado.

Emissão de poluentes atmosféricos: as alternativas que emitirem menor quantidade de poluentes atmosféricos, como dióxido de enxofre, ozônio e outros, terão as notas mais altas, pois prejudicarão em menor escala a qualidade do ar.

Impacto social: é importante ressaltar que a restrição de mão-de-obra, devido às condições financeiras da USP que dificulta a contratação de novos funcionários, juntamente com os poucos funcionários à disposição no viveiro, fez com que o projeto escolhido tenha a necessidade de participação dos alunos para que se minimize o custo de operação. Além disso o impacto social do projeto escolhido será mensurado a partir da quantidade de alunos que poderão ser envolvidos no projeto, portanto quanto maior o número de etapas, melhor será a nota atribuída ao projeto, já que se acredita que uma atribuição prática

desenvolveria habilidades que hoje não são feitas pelo curso de engenharia ambiental. Definida a melhor alternativa, será explicada de maneira detalhada adiante como será a participação dos alunos na operação da composteira.

4.6.3 Análise Econômico/Financeira

Tendo em vista a situação financeira da USP atualmente, a análise econômico/financeira se torna ainda mais importante do que em uma situação corriqueira. A análise financeira tem como objetivo tornar o projeto viável economicamente, ou seja, nesse caso diminuir as despesas que a USP possui hoje com a disposição final dos resíduos orgânicos e com a compra de composto, e se possível vender o excedente de composto a preço de mercado. As principais métricas que serão utilizadas para analisarmos serão o preço de mercado do insumo gerado na compostagem, custo de produção (custo de manutenção, depreciação das ferramentas, e etc.), custo de implantação (CAPEX inicial), capacidade de produção de insumos.

Preço de mercado do insumo gerado na compostagem: essa métrica está diretamente ligada à qualidade do composto, pois quanto melhor a qualidade, maior o seu valor de mercado. Portanto, alternativas que possam gerar compostos de melhor qualidade terão as maiores notas.

Custo de produção: o custo é fundamental para que se tenha uma noção de qual será o montante gasto mensalmente com o projeto e para saber se a universidade possui condições de arcar com esses valores. Nessa métrica é importante que se avalie todos os custos diretos e indiretos que o projeto pode envolver, sendo que o projeto com o custo mais barato terá a maior nota.

Custo de implantação: variável limitante para o projeto, o custo de implantação é fundamental para que se tenha o menor gasto inicial possível, para que tenha o mínimo de impacto para a situação financeira da universidade. Ao projeto com menor custo inicial será atribuída a maior nota. Sabe-se que um projeto pode ter um elevado custo inicial e trazer um maior retorno a longo prazo, mas devido à dificuldade de capital de giro e à situação da universidade, focou-se na questão do gasto inicial para atribuição da nota mais alta nesse caso.

Capacidade da produção de insumos: o volume de composto que será gerado é importante para que se saiba se será suprida toda a demanda por composto do viveiro e se há capacidade de venda externa do excesso. Além disso

é necessário para dimensionar o tamanho de compra de insumos ao viveiro, caso o projeto não atenda à demanda total do viveiro. Naturalmente, aos projetos que tenham maior capacidade de produção de insumos serão atribuídas as melhores notas nesse quesito.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização da Cidade Universitária Armando Salles de Oliveira

A Universidade de São Paulo surgiu em meados da década de 1930, pós Revolução de 1932, com a união da recém criada Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras (FFCL) com as já existentes Escola Politécnica de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Faculdade de Medicina, Faculdade de Direito e Faculdade de Farmácia e Odontologia. Porém o campus Cidade Universitária Armando de Salles Oliveira, em São Paulo, foi construído somente nos anos 1960, concomitantemente a realização dos Jogos Pan-americanos de São Paulo de 1963.

Hoje a Universidade possui 92.792 alunos, sendo 58.204 alunos de graduação e 29.547 alunos da pós-graduação.

A universidade é mantida através da arrecadação dos impostos estaduais (ICMS), além do recebimento de verbas de instituições que investem em pesquisa e ensino, como por exemplo FAPESP e CNPq. Algumas instituições privadas também são fontes de arrecadação, por se utilizar dos pesquisadores e instalações da instituição.

A CUASO é cerca de 10% da área total da USP, o que corresponde a 3.648.944 m², uma área bastante significativa.

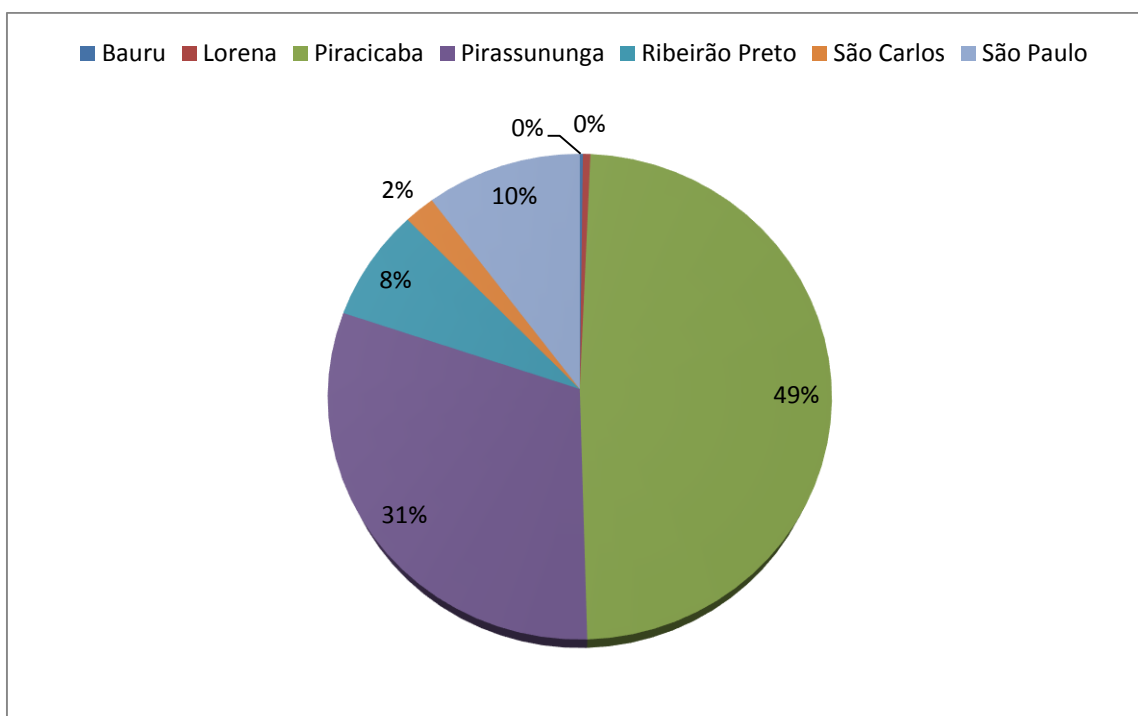


Gráfico 5 - Distribuição territorial dos Campus da USP

Fonte: USP em números (2015)

5.2 Resíduos gerados

A partir da visita feita ao restaurante central, foi verificado que a maior parte dos resíduos gerados é proveniente do que sobra nas bandejas dos usuários, ou seja, o resíduo da ingesta. A geração de resíduos no preparo dos alimentos praticamente é nula, pois o preparo é terceirizado, os alimentos comprados já são pré-preparados, por exemplo cenouras já descascadas, lavadas e fatiadas conforme serão servidas.

Diariamente são servidas em torno de 6 mil refeições, gerando em média 600 kg de resíduos orgânicos no restaurante central, provenientes exclusivamente da ingesta.

O processo de poda no Campus universitário possui a participação de empresas privadas contratadas pela Prefeitura do Campus (PUSP-C) na maioria das áreas, já na área azul da imagem 3 esta é feita pelos jardineiros do Campus. Em média duzentas árvores são podadas por mês.

Para quantificar a quantidade dos resíduos de poda verifica-se a média mensal de caçambas contratadas, 8,75, sendo que cada caçamba possui um volume de 30m³, totalizando 262,5 m³ mensal.

5.3 Local para implantação da composteira

A CUASO já dispõe de uma área disponível dentro do viveiro de mudas. Localizada próxima ao prédio administrativo do viveiro possui dimensões suficientes para implementação de uma composteira, dois pontos de rede elétrica próximos e fácil acesso.

O viveiro de mudas da USP localiza-se à Rua do Matão, 805. A área selecionada para a compostagem (Figura 7) tem aproximadamente 540 m², localiza-se a 250m do prédio administrativo do viveiro. O acesso a essa área é feito por via asfaltada seguida de um pequeno trecho de estrada de terra (Figura 8), cuja largura possibilita o trânsito de caminhões nos dois sentidos.

Há muitos anos a área não tem sido utilizada, sendo ocupada apenas pela vegetação. Esta vegetação pode ser suprimida, segundo informação da responsável pelo viveiro, a eng. Agrônoma Márcia, pois trata-se de um plantio de reflorestamento feito pela administração do viveiro após o fim das operações de compostagem no local.

5.4 Tecnologias de compostagem identificadas para avaliação e seleção

Baseado nos conhecimentos tecnológicos atuais e nas características dos resíduos coletados nos locais de trabalho, será considerado alguns processos possíveis para a avaliação das alternativas. Por se tratar de resíduos orgânicos, as características favorecem o reaproveitamento energético dos seus nutrientes, em contraponto do que ocorre atualmente, que é a disposição final em aterro sanitário. A Política Nacional dos Resíduos Sólidos é enfática ao mostrar a preferência da reutilização dos recursos orgânicos para a compostagem.

Levando-se em consideração as características do resíduo, as áreas disponíveis para a elaboração do projeto, as questões jurídicas e a disponibilidade

econômica da Prefeitura do Campus, a compostagem foi o processo escolhido para a melhor disposição dos resíduos em pauta. A questão principal é analisar os diferentes tipos de compostagem e a qualidade do composto que deverá ser utilizado para o processo, visando otimizar do ponto de vista técnico-econômico o composto que poderá ser utilizado no viveiro.

As propostas são basicamente: (1) compostagem natural só com resíduos orgânicos do restaurante, (2) compostagem natural só com os resíduos orgânicos de poda, (3) compostagem natural com resíduos orgânicos do restaurante mais resíduos de poda, (4) compostagem acelerada com um só tipo de resíduo (com a introdução de microrganismos aceleradores de processo), (5) compostagem acelerada com os dois tipos de resíduos e (6) compostagem de resíduos orgânicos do restaurante em equipamento específico (reator) e compostagem natural com os resíduos de poda. Claro que para a análise da viabilidade e escolha do melhor método serão consideradas as variáveis técnicas, econômicas, ambientais e sociais que impactam em cada alternativa, por isso a necessidade de se entender por completo o funcionamento de cada parte da cadeia.

5.5 Implantação e operação da composteira

Considerando os diagnósticos dos resíduos orgânicos realizados e a seleção da alternativa (6) apresenta-se proposta de sistema para a valorização dos resíduos orgânicos gerados no restaurante central e nos serviços de poda.

A demanda e necessidade de reutilização dos compostos orgânicos foi o principal motivador para a elaboração e proposição de um projeto, e a existência de um projeto similar de sucesso na UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina) mostrou ainda mais a necessidade de que o projeto é necessário para que se consiga o objetivo do Projeto USP sustentável. Por esse motivo, do ponto de vista operacional, se utilizou a experiência na UFSC conjuntamente com a experiência do Shopping Eldorado em São Paulo, como método base para implantação e manutenção da composteira no campus universitário do estudo.

O método UFSC tem como metodologia o Sistema em leiras Estáticas com Aeração Natural. Esse sistema tem como principal característica a obediência a ecologia do processo, com uma interferência baixa humana, além da baixa necessidade de energia e mão de obra, que são fatores escassos na área escolhida para ser o pátio da compostagem. Com isso, o sistema consegue criar um ambiente interno na leira que consegue preservar as relações bióticas entre os microrganismos, com a manutenção da atividade biológica do processo, favorecendo altas temperaturas e diminuindo a necessidade de molhamento artificial das leiras. Por esse motivo o sistema consegue se adaptar com relativa facilidade aos fatores abióticos.

De forma concisa, o método, além de na prática ter mostrado resultado em situação semelhante a proposta desse projeto, desenvolve a criação de um ambiente favorável para um bom desempenho dos microrganismos decompositores, com quase nenhuma utilização de recursos tecnológicos e utilização mínima de combustíveis.

Para que o projeto tenha sucesso semelhante, algumas regras de operação e montagem devem ser ressaltadas, como principalmente à disposição de materiais volumosos fibrosos com materiais ricos em umidade e facilmente decomponíveis, por meio da elaboração estrutural adequada das leiras para facilitar a dinâmica de gases e atenuação de fenômenos indesejáveis.

Entretanto, a disponibilidade de matéria orgânica pré-preparo, juntamente com a possibilidade de utilização de cama de animais é uma diferença bastante relevante com a situação da USP. Por esse motivo é proposto uma solução conjunta entre o método utilizado na UFSC com a operação de compostagem feita pelo Eldorado.

5.5.1 Descrição do funcionamento completo das Leiras Estáticas com Aeração Natural

No processo de montagem das leiras, é de se ressaltar que o projeto em questão tem uma dimensão pequena, e que por isso qualquer pequeno erro na montagem da leira pode causar perda de eficiência no processo como um todo. No início do projeto, será construído um galpão com as dimensões descritas a seguir,

com o objetivo de proteger o processo de compostagem de possíveis fatores exógenos que prejudiquem o trajeto, como chuva ou vento muito intenso. É importante ressaltar que a disposição dos materiais fibrosos, estruturantes e permeáveis que sofrem a decomposição de forma mais rápida é o segredo para o sucesso do projeto. Por esse motivo, deve-se tomar cuidado na implantação do projeto evitar ao máximo alimentos que tenham elevados teores de água para que não ocorram zonas de anaerobiose, devido à problemas de oxigenação. Essa preocupação em manter a aplicação de materiais estruturantes deve ser feita sempre antes da aplicação de uma nova carga de resíduos orgânicos.

Uma variável que deve ser monitorada de perto ao longo do tempo de vida útil do projeto, é o peso específico da mistura inicial. Um alto peso específico, dificulta o fluxo de ar da leira de compostagem, ocasionando na diminuição da concentração de O₂ que se mostra necessário para a atividade microbiana aeróbica. Para minimizar esse problema é de fundamental importância que se escolha a proporção adequada de resíduos de poda e de restos de comida pós-consumo. Na seção a seguir será demonstrado como foi encontrada essa relação.

Com base nas condições que propiciam o desenvolvimento do composto de melhor qualidade possível e com o menor custo envolvido foi desenvolvido a operação ideal do galpão e com isso foi feito o corte e planta do galpão construído para que seja otimizado o resíduo existente (Anexo I).

5.5.2 Modelo de operação

A operação será contínua ao longo de um período do ano, recebendo os resíduos de restaurante a ser misturado a resíduos de poda de tal forma a conseguir atingir a proporção ideal, relação carbono-nitrogênio 30/1 de acordo com as seguintes equações:

$$R_{\text{poda}} M_{\text{poda}} + R_{\text{Rrest}} M_{\text{rest}} = R_{\text{ideal}} (M_{\text{poda}} + M_{\text{rest}}) \quad (I)$$

Onde R_{poda} , R_{Rrest} e R_{ideal} tratam-se das relações carbono nitrogênio dos resíduos de poda, restaurante e da relação carbono nitrogênio 30/1, objetivo da mistura. Já M_{poda} e M_{rest} referem-se às massas de resíduos de poda e de restaurante, respectivamente.

Com o objetivo de obter a massa de poda necessária a equação (I) pode ser rearranjada da seguinte forma:

$$M_{\text{poda}} = M_{\text{rest}} (R_{\text{ideal}} - R_{\text{Rrest}}) / (R_{\text{poda}} - R_{\text{ideal}}) \quad (\text{II})$$

Com relação às quantidades e os volumes a operação fica definida com preenchimento de cada leira segundo a seguinte relação:

$$M_{\text{caixa}} = M_{\text{poda}} + M_{\text{rest}} \quad (\text{III})$$

Na qual a M_{caixa} é a massa inserida em uma caixa de compostagem podendo ser total quando preenche toda a leira (M_T) ou diária introduzida na leira para a compostagem M_d .

A relação de volumes é dada a partir de dados de massa específica média dos resíduos (p) de acordo com:

$$\text{Volume} = p / \text{massa} \quad (\text{IV})$$

$$V_{\text{leira}} = V_{\text{poda}} + V_{\text{rest}} = p_{\text{poda}} / M_{\text{poda}} + p_{\text{rest}} / M_{\text{rest}} \quad (\text{V})$$

onde p_{poda} e p_{rest} são as massas específicas dos resíduos de poda e restaurante respectivamente.

Outra relação importante ainda é a massa específica do composto dada pela relação

$$p_c = M_c / V_c \quad (\text{VI})$$

na qual M_c e V_c são a massa do composto e o volume do composto usadas para calcular a densidade do composto final

5.5.3 Ciclo de operação de uma leira de compostagem

A operação de uma leira inicia-se com o recebimento de uma quantidade M_d a ser recebida durante um período T_1 em dias de tal forma a completar sua capacidade estipulada ao final de T_1 . A partir de então inicia-se o período T_2 no qual a compostagem efetivamente ocorre tendo ao final de T_2 a sua descarga, período T_3 , seguida de um período fora de operação, T_4 , até que volte a operar novamente recebendo nova M_d .

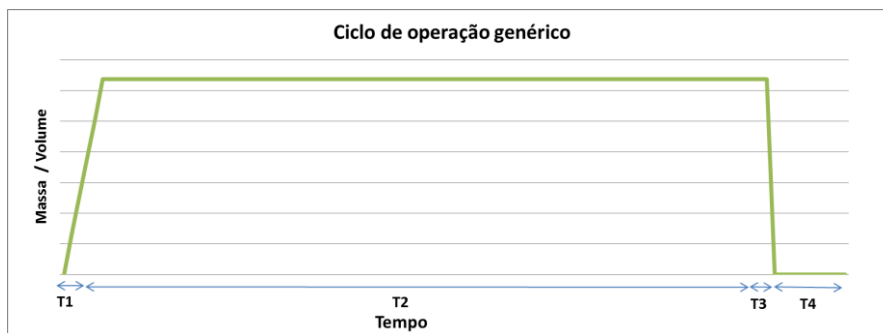


Gráfico 6 – Ciclo genérico de operação

5.5.4 Ciclo de operação do conjunto de leiras

A operação do conjunto ocorre de acordo com o início e término de operação de leira individualmente em ritmo de marcha: a cada leira preenchida ao final de $T1+T2+T3$ inicia-se o carregamento de uma nova leira de forma a receber continuamente os resíduos a serem tratados até que todas as leiras estejam operando.

A forma de operação do conjunto deve ser tal que seja possível o carregamento contínuo de suas subunidades com a carga M_d sem ociosidade da carga M_{rest+} evitando processos fermentativos, proliferação de vetores, mal odores entre outros efeitos indesejáveis.

5.5.5 logística e armazenamento

O processo de logística e armazenamento é fundamental para a garantia de eficiência do processo da compostagem. Por esse motivo é necessário a escolha da maneira mais conveniente e economicamente viável para o projeto proposto. Questões como a responsabilidade sobre a logística da coleta e armazenamento dos resíduos, se é melhor terceirizar ou a própria prefeitura efetuar os serviços, devem ser discutidas na continuidade do trabalho atual. Adicionalmente, o modelo de caminhão ou veículo, a periodicidade da logística, o melhor trajeto e a forma de unir os diferentes resíduos devem ser estudadas mais detalhadamente visando

otimizar o processo. A seguir as condições atuais de armazenamento e logística são apresentadas.

5.5.6 Logística e armazenamento dos resíduos de poda

De acordo com a Prefeitura do Campus, a logística da poda das árvores ocorre da seguinte maneira: as podas de árvores são realizadas por empresa contratada pela PUSP-C por registro de preço, conforme solicitação das Unidades por meio do aplicativo USPAtemde. As maiores demandas são das unidades da EP e FFLCH, pois possuem as maiores áreas verde. Conforme a empresa poda, ela coleta os resíduos durante o expediente com caçambas ou caminhões. A média de árvores podadas é cerca de 200 árvores/mês e não se vê picos de podas, ao longo do ano. O serviço é feito conforme a demanda, ou seja, só é efetuado conforme a necessidade. Com relação aos resíduos vegetais de grama, a média de caçambas contratadas é de 8,75/mês sendo que cada caçamba possui um volume de 30m³, totalizando uma média de 262,5 m³ mensal. No contrato vencido em julho de 2014, o custo de cada caçamba era de R\$ 1.269,08. Portanto, a média de gastos mensais só com a contratação da disposição final dos resíduos de poda no campus girava em torno de R\$ 11.104,00/mês.

Não há armazenamento da poda, logo após ser realizada pela empresa contratada, a mesma já retira o resíduo proveniente e encaminha para disposição final, sendo pouco relevante a questão do armazenamento desse resíduo.

5.5.7 Logística e armazenamento dos resíduos do restaurante central

No que diz respeito à logística e armazenamento dos resíduos do restaurante central, o processo deverá ser reestruturado. Atualmente, após a triagem feita pelo funcionário, as sacolas plásticas com o resíduo orgânico gerado são depositadas no pátio, dentro de uma lixeira coberta, e toda manhã, por volta das 7 horas, o caminhão da coleta retira os sacos encaminhando-os para aterro sanitário. Entretanto, nota-se que há mistura dos resíduos orgânicos com resíduos inorgânicos, perdendo o sentido da segregação feita na fonte geradora. A lixeira que o restaurante dispõe hoje tem capacidade para armazenar os resíduos gerados

em 2 dias de operação (levando-se em conta adaptações para se garantir condições sanitárias adequadas, não atração de vetores ou geração de outros problemas). Fica clara a necessidade de implantar uma lixeira específica para os resíduos recicláveis, que já são segregados dentro do restaurante.

5.5.8 Logística operacional de entrega dos resíduos dos restaurantes

O resíduo orgânico do restaurante central será transportado por meio de um veículo da própria prefeitura do Campus. A prefeitura possui um veículo destinado para a coleta de resíduos, como pode ser visto nas figuras 13 e 14.



Figura 13 – Veículo coletor de resíduos



Figura 14 – Veículo coletor de resíduos II

O resíduo já ensacado, conforme operação já existente no restaurante, será colocado por um funcionário do campus na caminhonete durante o trajeto de 2,6km e levado até o pátio receptor de resíduos. A seguir o trajeto que deve ser realizado.

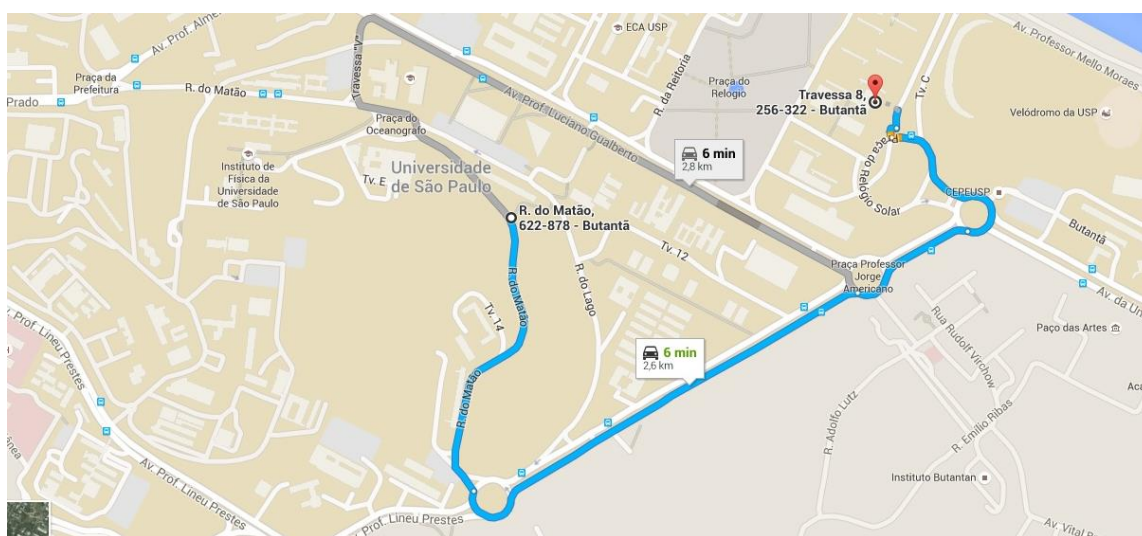


Figura 15 – Percurso entre o restaurante central e a composteira.

Esse trajeto será feito todo dia em que os resíduos do restaurante central serão utilizados para compostagem. Vale ressaltar que inicialmente será feito um período de testes que deverá ser descrito em maior profundidade a seguir. Porém para a operação completa, a logística deverá ser feita durante todos os dias de operação do restaurante. A sugestão é que seja feita no primeiro horário da manhã, porém cabe ao operador do sistema adequar o horário de operação que ele considera adequado, de acordo com as necessidades que ele possui com os seus funcionários e a disponibilidade do veículo.

Em seguida os sacos são descarregados no Pátio receptor de resíduos por dois funcionários do campus e são abertos para que se verifique visualmente a umidade do resíduo e possíveis materiais inorgânicos que não deveriam estar no composto. Essa quantidade deve ser pequena, vista a separação inicial feita pela própria organização do restaurante, já descrita anteriormente, porém é fundamental essa observação para garantir a qualidade do composto. Além disso, a abertura deve ser feita para no caso uma umidade muito elevada visualmente perceptível possa-se adicionar ao resíduo serragem ou folhas e galhos secos de poda de diâmetro pequeno que deverá ser alocado na área de estocagem 1.

O próximo passo será a utilização do triturador (Figura 16) para que o resíduo tenha característica homogênea na medida do possível e seja triturado os pequenos galhos que podem ser inseridos na operação, para otimizar a relação C/N. A sugestão é a utilização do triturador, pois se mostrou bastante eficiente na trituração de resíduos resistentes na visita que foi realizada no shopping Eldorado. O sistema de trituração possui 4 facas e é dotado de rodas que facilitam o transporte. No momento da abertura do funil, as lâminas são automaticamente bloqueadas por meio de um sistema com trava de segurança. Além disso, é prático para limpeza e manutenção, e possui um bom sistema de dobradiças. A ficha técnica dos modelos disponíveis pela companhia para esse tipo de operação é especificada na Tabela 8 (<http://www.trapp.com.br/pt/produtos/compostagem/triturador-de-cocos/produto/trc-40>).



Figura 16 – Triturador de resíduos

Tabela 8 – Ficha técnica dos trituradores disponíveis.

Modelos	Potência	Tensão (V)	Motor	Frequência (hz)	Rotação (rpm)	Tanque (l)	Peso (kg)
TRC 40	5 cv	220	Monofásico	60	3600	-	71,5
		220		50	3000		
	5 cv	220 ou 380 ou 440	Trifásico	60	3600		56,5
	5,5 cv			50	3000		
TRC 50	6 hp	-	Gasolina	-	3000	1	56

Dentre os modelos disponíveis se escolheu a opção monofásica, devido ao menor custo com energia e com uma frequência maior, para que sejam triturados objetos com maior facilidade. A questão do peso foi desconsiderada, visto que o equipamento possui rodas e o peso dessa versão ainda é factível para que seja utilizado no projeto em questão.

Após a trituração, o resíduo deve ter a aplicação do desodorizante que irá atuar na redução dos odores e também na colaboração para não atração de vetores. Esse desodorizante é uma enzima neutralizadora de odores e é indicado que a sua utilização deve ser feita de acordo com as indicações da empresa responsável pelo projeto no Eldorado. O custo com a compra da enzima é cerca de R\$30,00 o litro e deve ser utilizado em uma diluição é de 1:30 para água,

podendo chegar em até 1:50 se considerarem o odor do mesmo ainda muito forte, porém a recomendação é para a primeira diluição

5.5.9 Logística operacional de entrega de poda

Para a entrega de poda, a sugestão é que se faça um estoque dividido em dois pátios, sendo a divisão feita por meio do diâmetro dos galhos recolhidos em campo. Os resíduos D1 seriam as folhas, galhos pequenos e a vegetação rasteira, já os resíduos D2 seriam os galhos maiores e troncos médios, já os troncos largos não devem ser recolhidos pelos operadores. O veículo responsável pela poda poderia acompanhar a empresa responsável por esse trabalho e retirar as partes que são de interesse da composteira, pois isso facilitaria o trabalho deles já que o maior ganho está nos custos fixos dessa operação.

5.5.10 Logística: recolhimento do composto

Após o período de compostagem estar finalizada, o operador deve recolher o volume da leira com o composto já pronto para utilização e estocar em bombonas. Pode ser outro material, a sugestão da bombona se dá mais pela facilidade e impossibilidade de contaminação do composto. Deve-se utilizar o composto com as características adequadas, por esse motivo não é indicativo que seja armazenado por um longo período. Dada a alta demanda por composto no viveiro e no campus da cidade universitária, se acredita que esse período não deverá ser maior que 3 dias. De acordo com a Prefeitura do Campus, existia a necessidade de 15 metros cúbicos de composto por mês, o que já mais do que o que seria produzido no projeto em questão. Para a aplicação do composto será necessário mais um funcionário, além da disponibilidade das caminhonetes para levar o composto até o seu lugar de aplicação. A disponibilidade de locais para a aplicação do composto ficaria a cargo da gestora do viveiro, atualmente a engenheira agrônoma Márcia R.M.

5.5.11 Cenários de operação

Serão absorvidos diariamente 750kg de resíduos de restaurante cuja massa específica média é de 1123 kg/m^3 com disponibilidade de uso de massa de poda cuja massa específica média é de 600 kg/m^3 , fazendo uso da equação II para

cálculo de massa e da equação IV para cálculo de volumes e ainda das relações carbono-nitrogênio para resíduos de poda que é da ordem de 50 a 150 e para resíduos do restaurante que é da ordem de 16.

Sobre os tempos envolvidos na operação e construção dos cenários, o período de tempo T1 é função da capacidade das subunidades de compostagem e foi definido como 5 dias, já o período T2 é função do período em que de fato ocorre a compostagem com suas reações bioquímicas e adotado como 85 dias completando um período de aproximadamente 3 meses de compostagem de toda a massa, T3 tempo de descarga da sub unidade depende da disponibilidade de operadores definido como 1 dia e por fim T4 é função direta da capacidade de flexibilização dos ciclos de operação das subunidades e portando da unidade inteira, definido como 10 dias em função do ciclo de operação em marcha coordenada das subunidades como visto na tabela 9 que exhibe 2 ciclos de operação ao longo de 1 ano durante 311 dias de operação e 225 dias de recebimento de resíduos e ainda mais um ciclo para as subunidades de 1 a 5.

Tabela 9 - Carga de compostagem por dias de operação

sub-unidade	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
inicio da compostagem	1	6	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	81	86	91	96
carga total	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
fim da compostagem	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175	180	185
descarga	91	96	101	106	111	116	121	126	131	136	141	146	151	156	161	166	171	176	181	186

sub-unidade	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
inicio da compostagem	101	106	111	116	121	126	131	136	141	146	151	156	161	166	171	176	181	186	191	196
carga total	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175	180	185	190	195	200
fim da compostagem	190	195	200	205	210	215	220	225	230	235	240	245	250	255	260	265	270	275	280	285
descarga	191	196	201	206	211	216	221	226	231	236	241	246	251	256	261	266	271	276	281	286

sub-unidade	1	2	3	4	5
inicio da compostagem	201	206	211	216	221
carga total	205	210	215	220	225
fim da compostagem	290	295	300	305	310
descarga	291	296	301	306	311

Tabela 10 - Resumo dos períodos envolvidos no ciclo de operação da unidade

T1	5 dias
T2	85 dias
T3	1 dia
T4	10 dias

Vale ressaltar os fatos sobre a flexibilização do tempo de operação:

* T1 pode ser aumentado, aumentando, portanto, a capacidade de tratamento de resíduos e detrimento de T3 e T4

*T3 pode ser um período relativamente curto devido ao fato de se tratar do descarregamento de uma subunidade

*T4 é a ociosidade de uma subunidade, porém torna-se um período no qual existe folga para absorver uma eventual saída de operação de outra subunidade durante algum tempo ou ainda absorver um “pico” na variação da entrada de resíduos na unidade de compostagem.

Devido à incerteza proveniente da relação carbono-nitrogênio dos resíduos de poda, são então consideradas diversas relações componentes de cada cenário considerando os períodos diário, semanal com 5 dias de recebimento e ainda o período de operação ao longo do ano com 311 dias de operação (e 225 dias de recebimento de resíduo para tratamento) de acordo com as seguintes tabelas:

Tabela 11 - Relações entre as massas e volumes a serem compostados.

Rpoda	50	75	100	125	150
Mpoda	525,00	233,33	150,00	110,53	87,50
Mrest	750,00	750,00	750,00	750,00	750,00
Md	1275,00	983,33	900,00	860,53	837,50
Vpoda	0,88	0,39	0,25	0,18	0,15
Vrest	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67
Vrest + Vpoda	1,54	1,06	0,92	0,85	0,81
Pc	826,39	930,53	980,55	1009,93	1029,27
Mc	637,50	491,67	450,00	430,26	418,75

Tabela 12 - Relações entre as massas e volumes a serem compostados II – semanal com 5 dias de recebimento

Rpoda	50	75	100	125	150
Mpoda	2625,00	1166,67	750,00	552,63	437,50
Mrest	3750,00	3750,00	3750,00	3750,00	3750,00
Mpoda + Mrest	6375,00	4916,67	4500,00	4302,63	4187,50
Vpoda	4,38	1,94	1,25	0,92	0,73
Vrest	3,34	3,34	3,34	3,34	3,34
Vpoda + Vrest	7,71	5,28	4,59	4,26	4,07
Ppoda	826,39	930,53	980,55	1009,93	1029,27
Mc	3187,50	2458,33	2250,00	2151,32	2093,75

Tabela 13 - Relações entre as massas e volumes a serem compostados III – anual operando 311 dias e 225 dias de recebimento

Rpoda	50	75	100	125	150
Mpoda	118125,00	52500,00	33750,00	24868,42	19687,50
Mrest	168750,00	168750,00	168750,00	168750,00	168750,00
Mt	286875,00	221250,00	202500,00	193618,42	188437,50
Vpoda	196,88	87,50	56,25	41,45	32,81
Vrest	150,27	150,27	150,27	150,27	150,27
Vpoda + Vrest	347,14	237,77	206,52	191,71	183,08
Pc	826,39	930,53	980,55	1009,93	1029,27

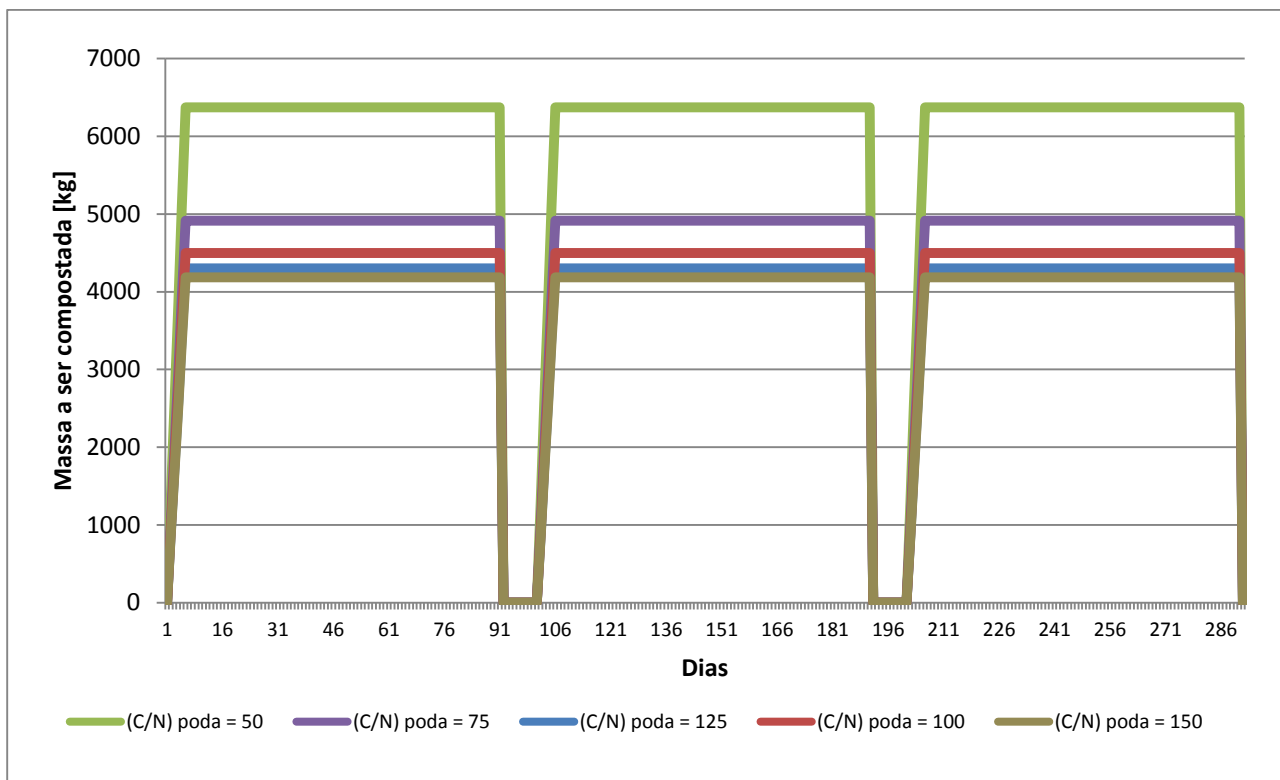


Gráfico 7 - Operação dos ciclos em marcha

5.5.12 Escolha do cenário

O cenário escolhido para o cálculo e dimensionamento trata-se daquela cuja relação carbono nitrogênio média é de 100/1 e, portanto, com os parâmetros de interesse dados abaixo:

Os ciclos de operação em volume para uma subunidade são dados pelo gráfico abaixo:

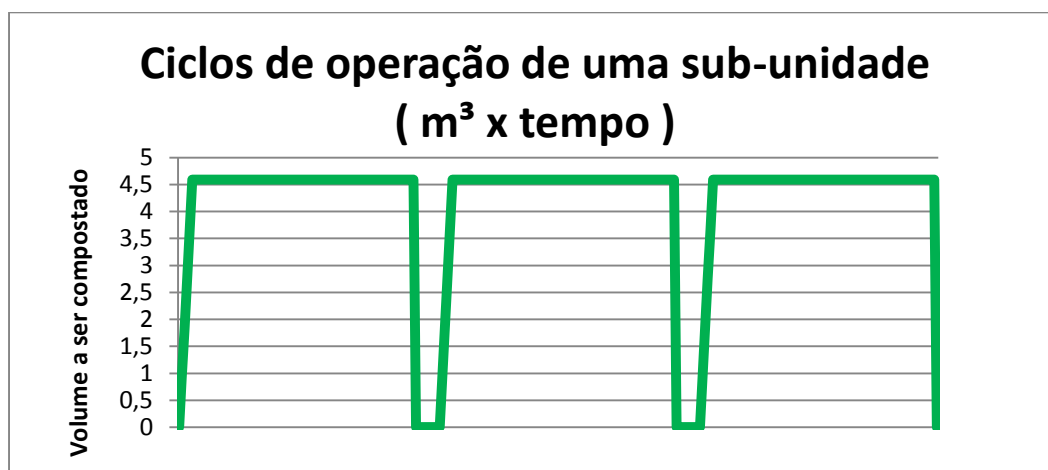


Gráfico 8 – Ciclo de operação de uma subunidade.

Tal escolha foi feita devido ao fato de se tratar da média entre a faixa de valores apresentada e pela divergência entre diversos autores e fontes no que se refere a este tipo de atividade de compostagem.

Tabela 14 - Relação C/N

RELAÇÃO C/N DE PODA 100/1			
intervalo de tempo	diário	5 dias (semana)	anual
Mpoda + Mrest [kg]	900	4500,00	202500,00
Vpoda + Vrest [m ³]	0,67	4,59	16875,00
Mc [kg]	450,00	2250,00	101250,00

Deve-se ainda observar que as quantidades de resíduos de poda necessárias a um ciclo de processo são muito inferiores às produzidas na C.U.A.S.O. que é de 262,5 m³ ao mês de acordo com a Prefeitura do Campus, sendo portando os resíduos de restaurante e a capacidade de compostagem instalada os fatores limitantes do processo, assim sendo os resíduos de poda foram considerados suficientes para atender a demanda do sistema.

Tabela 15 - Quantidade de poda anual

Quantidade de poda anual	
Volume de poda necessário [m ³]	56,25
Massa de poda necessária [kg]	33750,00

Levando em conta o ritmo adotado para a operação, não são necessários muitos equipamentos para que se opere o sistema. Cada subunidade de compostagem além de poder compartilhar do uso dos mesmos equipamentos pelos operadores não os fará uso ao mesmo tempo.

A lista de equipamentos necessários:

• 3 forcados	revolvimento da massa
• 2 regadores	umidificar a massa
• 1 termômetro de haste	avaliar temperatura
• prancheta para anotação de tempos e observações	controle de compostagem

Tais artefatos muito simples já existem no campus devendo ser remanejados para a compostagem não sendo considerados para cálculos de investimento, inclusive.

5.5.13 Descrição da unidade de compostagem

Cada subunidade construída em concreto e blocos cúbicos de aresta 19 cm preenchidos com camada externa de concreto de 1 cm compõem a unidade estrutural da subunidade de compostagem e o conjunto de subunidades compõe a unidade como um todo.

As especificações das subunidades estão diretamente ligadas a capacidade de tratamento uma vez que seus volumes determinam o quanto de composto pode ser gerado a partir do volume de resíduos tratados.

As vistas lateral, superior e frontal com as características geométricas básicas em metros e sua vista em perspectiva são mostradas na figura 17.

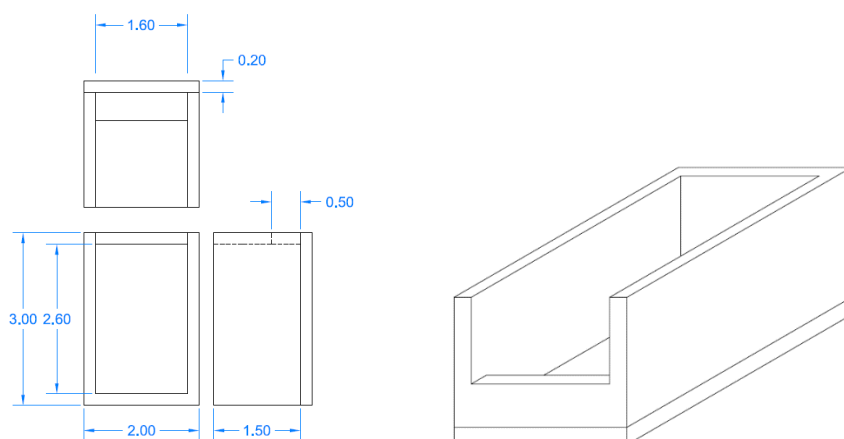


Figura 17 – Leira de compostagem

O volume efetivo da leira é dado por $1,5 \times 2,6 \times 1,6 = 6,24 \text{ m}^3$ compostando o volume de tratamento esperado com folga.

A capacidade volumétrica de todo o sistema é dada por $6,24 \times 20 = 64,8 \text{ m}^3$, como não se opera em regimes de bateladas e sim em regimes permanentes com independência de cada subunidade, este volume total do sistema acaba por não ter tanta relevância.

A área ocupada pelo sistema é de $2 \times 20 \times 3 = 120 \text{ m}^2$. Parte do conjunto de unidades é mostrada na figura 18.

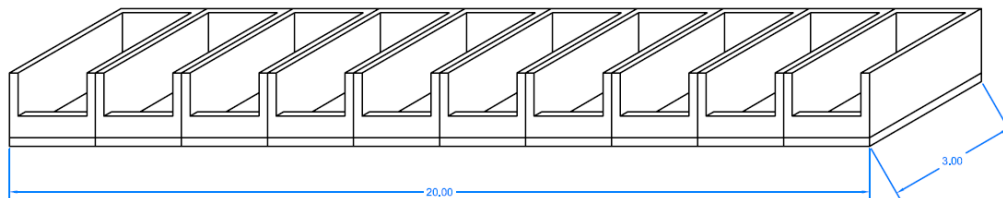


Figura 18 – Disposição final das leiras

5.5.14 Cuidados necessários durante a operação

Alguns cuidados devem ser levados em consideração durante a operação descrita acima, para que seja garantida a qualidade do composto gerado e consequentemente a qualidade do solo em que será inserido esse composto. Nesse sentido, segue algumas recomendações que devem ser seguidas pelos operadores do sistema, sejam eles os funcionários da USP, ou os participantes do possível curso realizado pela Universidade na tentativa de aproximar os alunos da prática de fato.

- Deve-se controlar a umidade do composto diariamente. A umidade deve sempre permanecer em torno de 50% a 60%. Caso o valor esteja abaixo desse, pode-se adicionar água para aumentar a umidade do composto. Em caso de umidade muito elevada, o número de revolvimentos deve ser aumentado, para que facilite a passagem de ar no composto e com isso ocorra a perda de umidade.
- Deve-se monitorar a temperatura das leiras diariamente. O ideal é que esse controle seja feito por meio de anotações diárias de cada leira, principalmente no período de testes, onde ainda não se encontrou a relação ideal entre a quantidade de resíduos de poda e dos restaurantes.
- No caso de a temperatura das leiras demorarem a subir aos níveis desejáveis, significa a falta de atividade microbiológica. Nesse caso o aumento da matéria orgânica é desejável, além de verificar a umidade local

- O ciclo de reviramento deve ser feito a cada 3 dias nos primeiros 30 dias e a cada 6 dias após esse período para o término da degradação ativa
- A temperatura das leiras deve diminuir após o período de 90 dias. Sugere-se que seja controlada ao menos no meio da leira. Caso se encontre uma temperatura acima de 65⁰C, o número de revolvimento deve aumentar ou deve modificar a configuração geométrica na medida do possível, dada a construção do galpão.
- Limpar as leiras após o término de cada ciclo e prestar atenção com o pátio de armazenamento de composto gerado.
- Verificar as condições de impermeabilização do pátio de compostagem, atividade a ser monitorada, mas em um primeiro momento essa tarefa, ficará a cargo da contratada para realizar o serviço, a empresa Gomez e Moraes.
- No processo de trituração deve se fazer a limpeza 1 vez por semana, para garantir a eficiência e evitar o acúmulo de resíduos já triturados
- Todos os funcionários devem estar equipados com os EPIs e frequentar algum curso sobre segurança do trabalho, além do constante acompanhamento dos responsáveis pelo desenvolvimento do projeto (BIDONE E POVINELLI, 1999; OLIVEIRA, 2010; OLIVEIRA; SARTORI; GARCEZ, 2008).

5.6 Análise econômica do empreendimento

Para fazer a análise econômica do empreendimento, primeiramente deve se compreender como funcionará a operação, o que já foi descrito nesse trabalho e quais as principais variáveis de custo fixo, variável e CAPEX no objetivo de otimizar o retorno do projeto, além de analisar as sensibilidades a preço dos principais custos e receitas do projeto. Nesse objetivo a análise econômica a seguir utilizará de algumas métricas para provar que o investimento a ser realizado será pago em um período de anos adequado, além de trazer o benefício da sustentabilidade para a USP, em linha com o projeto USP sustentável.

5.6.1 Análise dos custos

Inicialmente se abordará os custos que serão necessários para a elaboração do projeto. Podemos dividir a análise, entre os custos de implantação, o CAPEX da obra, e os custos operacionais. Nesse sentido será feita a análise baseando em orçamentos reais, com base em pesquisas acadêmicas e fornecedores atuais dos serviços necessários.

5.6.2 Custo de Implantação

O CAPEX (despesas de capital ou investimento em bens de capital) pode ser considerado uma proxy para o custo de implantação do empreendimento. Nesse caso o custo de implantação se baseia principalmente na construção do galpão onde ocorrerá a operação e na aquisição da máquina.

Para o custo de implantação do galpão se pesquisou as melhores alternativas, e a melhor alternativa encontrada para os padrões mínimos de qualidades exigidos, principalmente do ponto de vista de impermeabilidade e econômico foi o orçamento da Mfrural. O preço dado para o galpão foi de R\$120,00 por m² para a construção do galpão analisado pela CAD. Como o galpão da planta tem aproximadamente 540m², o custo total de implantação de R\$ 64.800,00. Deve se considerar que esse galpão não é cimentado, mas a compactação do solo está inclusa no custo da obra, o que garante uma melhor impermeabilidade, otimizando a perda de umidade do composto pelo ar.

Os custos com máquinas são baixos, tendo em vista o tamanho do projeto. Os equipamentos se resumem a uma balança rodoviária (Figura 19) e o triturador. Optou-se pelo modelo com menor custo.



Figura 19 – Balança de pesagem

Tabela 16 – Custos dos equipamentos

Equipamentos	Custos de Equipamento (R\$)
Triturador	2.734,00
Balança Rodoviária	1.527,00
Total	4.261,00

5.6.3 Custo de Operação

Os principais custos operacionais relacionados a operação em questão são os custos com energia, os custos com logística e a mão-de-obra, este com papel preponderante para o empreendimento se tornar viável ou não em pequena escala, como é o projeto piloto proposto nesse artigo.

Os custos com energia, basicamente se referem aos custos referentes aos aparelhos que serão utilizados no projeto, a balança rodoviária e o triturador. Será considerado praticamente desprezível o custo com energia da balança, visto que o

tempo de operação é extremamente pequeno. Já o custo com o triturador deve ser levado em consideração, devido a necessidade de estar ligado por uma hora para triturar 1 tonelada de composto. De acordo com a fabricante, uma hora é necessária, pois o composto passa assim 2x pelo triturador, o que deixa o composto mais fino melhorando a sua eficiência durante o processo. O custo de energia foi baseado no custo fora ponta atual da energia Eletropaulo, que é R\$0,22596/kWh da tarifa de energia (TE) mais o custo da tarifa de uso do Sistema de distribuição (TUSD), que é R\$0,3036/kWh. Abaixo está o custo anual para a eletricidade atualmente. No modelo financeiro se considera o aumento de energia atrelado ao aumento do IPCA, para simplificar a questão. As projeções do IPCA foram retiradas da instituição financeira Credit Suisse no Brasil.

Tabela 17 – Custos energéticos

Ano	2016
Eletricidade (BRL/ano)	(226)
Preço de energia (BRL/kWh)	0,3036
Volume de energia (kWh)	744
Potencia (kW)	3,675
Tempo de Uso (horas/ano)	203
Número de horas por tonelada	1

O custo é aparentemente bastante baixo se consideramos o tamanho do projeto, entretanto deve ser levado em consideração, já que o preço da energia é bastante volátil no estado de São Paulo.

Levando-se em consideração que a USP já possui veículos que possuem a capacidade de transportar o composto do restaurante central e da poda para o local de tratamento, e que esses veículos possuem horas ociosas que poderiam ser utilizados para a operação, os custos com logística se reduzem ao custo com combustível que será utilizado no projeto. Nesse sentido se pesquisou no site da ANP (Agencia Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis) qual o preço médio do mês de novembro para consumidor dos postos de combustíveis na cidade de São Paulo. Foi verificado que esse valor foi de R\$3,411/Litro de gasolina. Foi feita a consideração de que o carro não perde eficiência com o passar dos anos para simplificar a análise, que é de 9.5km/litro de acordo o manual da fabricante Chevrolet.

A distância percorrida foi calculada levando em consideração a média de dias no ano em que há a necessidade de buscar o resíduo do restaurante, a

distância entre o viveiro e a o restaurante e uma distância de cerca de 3km por dia por dia de operação para buscar a poda necessária para fazer a mistura ideal dos compostos em vista de otimizar a relação C/N. Avaliando todos esses fatores, o custo logístico atual por ano pode ser descrito na tabela abaixo.

Tabela 18 – Custos relativos ao consumo de combustível

Ano	2016
Logística (BRL/ano)	(614)
Preço gasolina (BRL/L)	3,411
Consumo do automóvel (km/L)	9,50
Distância por dia (km)	7,60
Número de dias por ano	225

Para fazer as projeções de custo logístico se corrigiu o preço da gasolina pela projeção de IPCA anual e foi mantido o resto da operação constante, para simplificação de cálculo.

O custo com a enzima neutralizadora é contabilizado, pois é a forma mais eficaz de evitar que os vetores possam atuar na região de compostagem, juntamente com o revolvimento correto das leiras, além do controle da temperatura das leiras. Por esse motivo se entrou em contato com a empresa responsável pela enzima neutralizadora de odores no Shopping Eldorado e se fez um orçamento do custo que essa enzima neutralizadora adicionaria ao projeto. De acordo com o fabricante o custo com a enzima neutralizadora de odores é de R\$ 30,00 o litro. O mesmo é um produto enviado concentrado ao cliente, sendo que a diluição dele é de 1:30 de água, podendo chegar em até 1:50 se considerarem o odor do mesmo ainda muito forte, mas a recomendação é para a primeira diluição. Como consideramos o custo com água praticamente desprezível e a proporção que a operadora do sistema disse que utiliza é de a cada um litro de neutralizador para cada 20 toneladas de resíduo orgânico. Para o cálculo da massa se considerou a média entre a massa inicial de resíduo orgânico e a massa final de composto, visto que essa massa é decrescente ao longo do processo.

5.6.4 Financiamento

O financiamento para o projeto foi uma alternativa pensada em vista da dificuldade da USP arcar integralmente com o custo de implantação elevado em um primeiro momento, devido as instalações a serem construídas. Para a atividade de compostagem, o BNDES possui algumas linhas de financiamento que podem atender a proposta. O grupo visitou o Décimo Primeiro Encontro Técnico de Alto Nível: Compostagem para compreender quais são as principais linhas de crédito existentes, e qual seria a mais adequada nesse sentido.

Das alternativas apresentadas, a melhor possibilidade de financiamento do projeto é por meio do cartão BNDES. Nesse cartão pode ser financiado mais de 243 mil itens, como máquinas, equipamentos, materiais para construção civil, insumos industriais, entre outros produtos. O limite de crédito é de R\$1 milhão de reais, que está dentro do orçamento necessário. O empréstimo pode ser pago em 48 parcelas fixas mensais e a taxa de juros é bastante atrativa de 0,99% a.m (em março de 2015), e o crédito é rotativo e pré-aprovado.

Para a adquirir o cartão do BNDES, a Prefeitura da USP necessita solicitar no Portal, que é enviada ao banco emissor <http://www.aidisnet.org/PDF/11encontro/Palestra%20Vinicius%20S.%20Figueiredo%20-%20BNDS.pdf> (Figura 20).



Figura 20 – Produtos e Serviços relacionados ao cartão BNDES

Após a entrega da documentação no banco Emissor, este analisa o crédito e caso esteja aprovado emite o cartão BNDES, pós a assinatura do Termo de Adesão no Regulamento do Cartão BNDES. Normalmente o prazo é de 25 dias para o processo.

Para o cálculo do juros pago ao longo do financiamento, se considerou a taxa cobrada e o período estipulado. Considerando o CAPEX inicial de operação o valor de R\$ 69.061,00, devido a soma de dos custos do galpão e do maquinário.

Tabela 19 – Custos de construção do galpão de compostagem

Ano	2016
Custos (IMPLANTAÇÃO)	(69.061)
Custo do galpão	(64.800)
Custo do maquinário	(4.261)

Com todos os custos e receitas estimados, se buscou três alternativas para o projeto, duas com financiamento (uma com o prazo de pagamento de 2 anos e

outra com o prazo de pagamento de 4 anos) e outra somente com o capital próprio. Inicialmente iremos analisar o modelo para investimento somente com capital próprio.

5.6.4.1 Alternativa somente com capital próprio

O modelo está feito até o ano de 2036 tendo o projeto, um horizonte de ao menos 20 anos. Dessa forma será mostrado o P&L de longo prazo com as premissas que já foram descritas nesse artigo.

Tabela 20 – Custos totais de implantação

Ano	2016	2021	2026	2031	2036
Receita Bruta	7.695	16.512	32.263	41.584	50.921
Preço do Composto (BRL/ton)	76	101	132	170	208
Massa Inicial (ton/ano)	203	326	489	489	489
Massa Final (ton/ano)	101	163	245	245	245
Custos (OPERACIONAL)	(6.468)	(9.668)	(18.691)	(23.292)	(27.777)
Eleticidade (BRL/ano)	(226)	(458)	(856)	(1.067)	(1.272)
Preço de energia (BRL/kWh)	0,3036	0,3820	0,4760	0,5932	0,7074
Volume de energia (kWh)	744	1.199	1.799	1.799	1.799
Potencia (kW)	3,675	3,675	3,675	3,675	3,675
Tempo de Uso (horas/ano)	203	326	489	489	489
Número de horas por tonelada	1	1	1	1	1
Logística (BRL/ano)	(614)	(772)	(963)	(1.200)	(1.431)
Preço gasolina (BRL/L)	3,411	4,2915	5,3480	6,6646	7,9476
Consumo do automóvel (km/L)	9,50	10	10	10	10
Distância por dia (km)	7,60	7,600	7,600	7,600	7,600
Número de dias por ano	225	225	225	225	225
Desodorizador (BRL/ano)	(228)	(462)	(863)	(1.076)	(1.283)
Custo por litro	30,00	37,74	47,04	58,62	69,90
Necessidade por tonelada (1 litro por 20 toneladas)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Salários	(5.400)	(7.976)	(16.009)	(19.950)	(23.791)
Horas trabalhadas por dia	4,00	4,70	7,56	7,56	7,56
Salário por hora	6,00	7,55	9,41	11,72	13,98
Número de dias por ano	225	225	225	225	225
Custos (IMPLANTAÇÃO)	(69.061)				
Lucro líquido com capital próprio	(67.834)	6.843	13.572	18.292	23.144

Para isso, o P&L do projeto para os primeiros anos de projeto de forma sucinta, considerando somente capital próprio na forma de pagamento das máquinas e todo o custo de implantação sendo feito no primeiro ano.

Tabela 21 - P&L

Ano	2016	2017	2018	2019	2020
Receita Bruta	7.695	9.002	10.524	12.236	14.218
Preço do Composto (BRL/ton)	76	81	86	91	96
Massa Inicial (ton/ano)	203	223	245	270	296
Massa Final (ton/ano)	101	111	123	135	148
Custos (OPERACIONAL)	(6.468)	(6.782)	(7.117)	(7.440)	(8.478)
Eleticidade (BRL/ano)	(226)	(261)	(301)	(346)	(398)
Preço de energia (BRL/kWh)	0,3036	0,3188	0,3347	0,3498	0,3655
Volume de energia (kWh)	744	819	900	991	1.090
Potencia (kW)	3,675	3,675	3,675	3,675	3,675
Tempo de Uso (horas/ano)	203	223	245	270	296
Número de horas por tonelada	1	1	1	1	1
Logística (BRL/ano)	(614)	(645)	(677)	(707)	(739)
Preço gasolina (BRL/L)	3,411	3,5816	3,7606	3,9299	4,1067
Consumo do automóvel (km/L)	9,50	10	10	10	10
Distância por dia (km)	7,60	7,600	7,600	7,600	7,600
Número de dias por ano	225	225	225	225	225
Desodorizador (BRL/ano)	(228)	(263)	(304)	(349)	(402)
Custo por litro	30,00	31,50	33,08	34,56	36,12
Necessidade por tonelada (1 litro por 20 toneladas)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Salários	(5.400)	(5.613)	(5.835)	(6.037)	(6.939)
Horas trabalhadas por dia	4,00	3,96	3,92	3,88	4,27
Salário por hora	6,00	6,30	6,62	6,91	7,22
Número de dias por ano	225				
Custos (IMPLANTAÇÃO)	(69.061)				
Lucro líquido com capital próprio	(67.834)	2.220	3.407	4.796	5.740

5.6.4.2 Alternativa com financiamento de prazo de 4 anos

Agora será descrito o P&L considerando que o financiamento foi de 4 anos de projeto. Nesse caso, como o modelo de financiamento do BNDES segue o método PRICE, na qual todas as parcelas mensais possuem o mesmo valor de pagamento. É interessante entendermos quanto mensalmente é a amortização da dívida e quanto é o pagamento de juros nesse caso. Segue abaixo para o prazo de pagamento de 48 meses, a tabela de amortização da dívida mensal.

Tabela 22 – Sistema PRICE

\$ Sistema PRICE				
Nº	Amortização	Juros	Prestação	Saldo
0	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 69.061,00
1	R\$ 1.130,87	R\$ 683,70	R\$ 1.814,57	R\$ 67.930,13
2	R\$ 1.142,07	R\$ 672,51	R\$ 1.814,57	R\$ 66.788,06
3	R\$ 1.153,37	R\$ 661,20	R\$ 1.814,57	R\$ 65.634,69
4	R\$ 1.164,79	R\$ 649,78	R\$ 1.814,57	R\$ 64.469,90
5	R\$ 1.176,32	R\$ 638,25	R\$ 1.814,57	R\$ 63.293,58
6	R\$ 1.187,97	R\$ 626,61	R\$ 1.814,57	R\$ 62.105,61
7	R\$ 1.199,73	R\$ 614,85	R\$ 1.814,57	R\$ 60.905,88
8	R\$ 1.211,61	R\$ 602,97	R\$ 1.814,57	R\$ 59.694,27
9	R\$ 1.223,60	R\$ 590,97	R\$ 1.814,57	R\$ 58.470,67
10	R\$ 1.235,72	R\$ 578,86	R\$ 1.814,57	R\$ 57.234,96
11	R\$ 1.247,95	R\$ 566,63	R\$ 1.814,57	R\$ 55.987,01
12	R\$ 1.260,30	R\$ 554,27	R\$ 1.814,57	R\$ 54.726,70
13	R\$ 1.272,78	R\$ 541,79	R\$ 1.814,57	R\$ 53.453,92
14	R\$ 1.285,38	R\$ 529,19	R\$ 1.814,57	R\$ 52.168,54
15	R\$ 1.298,11	R\$ 516,47	R\$ 1.814,57	R\$ 50.870,44
16	R\$ 1.310,96	R\$ 503,62	R\$ 1.814,57	R\$ 49.559,48
17	R\$ 1.323,94	R\$ 490,64	R\$ 1.814,57	R\$ 48.235,54
18	R\$ 1.337,04	R\$ 477,53	R\$ 1.814,57	R\$ 46.898,50
19	R\$ 1.350,28	R\$ 464,30	R\$ 1.814,57	R\$ 45.548,22
20	R\$ 1.363,65	R\$ 450,93	R\$ 1.814,57	R\$ 44.184,57
21	R\$ 1.377,15	R\$ 437,43	R\$ 1.814,57	R\$ 42.807,43
22	R\$ 1.390,78	R\$ 423,79	R\$ 1.814,57	R\$ 41.416,65
23	R\$ 1.404,55	R\$ 410,02	R\$ 1.814,57	R\$ 40.012,10
24	R\$ 1.418,45	R\$ 396,12	R\$ 1.814,57	R\$ 38.593,64
25	R\$ 1.432,50	R\$ 382,08	R\$ 1.814,57	R\$ 37.161,14
26	R\$ 1.446,68	R\$ 367,90	R\$ 1.814,57	R\$ 35.714,46
27	R\$ 1.461,00	R\$ 353,57	R\$ 1.814,57	R\$ 34.253,46
28	R\$ 1.475,47	R\$ 339,11	R\$ 1.814,57	R\$ 32.778,00
29	R\$ 1.490,07	R\$ 324,50	R\$ 1.814,57	R\$ 31.287,92
30	R\$ 1.504,82	R\$ 309,75	R\$ 1.814,57	R\$ 29.783,10
31	R\$ 1.519,72	R\$ 294,85	R\$ 1.814,57	R\$ 28.263,38
32	R\$ 1.534,77	R\$ 279,81	R\$ 1.814,57	R\$ 26.728,61
33	R\$ 1.549,96	R\$ 264,61	R\$ 1.814,57	R\$ 25.178,65
34	R\$ 1.565,31	R\$ 249,27	R\$ 1.814,57	R\$ 23.613,34
35	R\$ 1.580,80	R\$ 233,77	R\$ 1.814,57	R\$ 22.032,54
36	R\$ 1.596,45	R\$ 218,12	R\$ 1.814,57	R\$ 20.436,09
37	R\$ 1.612,26	R\$ 202,32	R\$ 1.814,57	R\$ 18.823,83
38	R\$ 1.628,22	R\$ 186,36	R\$ 1.814,57	R\$ 17.195,61
39	R\$ 1.644,34	R\$ 170,24	R\$ 1.814,57	R\$ 15.551,27
40	R\$ 1.660,62	R\$ 153,96	R\$ 1.814,57	R\$ 13.890,66
41	R\$ 1.677,06	R\$ 137,52	R\$ 1.814,57	R\$ 12.213,60
42	R\$ 1.693,66	R\$ 120,91	R\$ 1.814,57	R\$ 10.519,94
43	R\$ 1.710,43	R\$ 104,15	R\$ 1.814,57	R\$ 8.809,51
44	R\$ 1.727,36	R\$ 87,21	R\$ 1.814,57	R\$ 7.082,15
45	R\$ 1.744,46	R\$ 70,11	R\$ 1.814,57	R\$ 5.337,69
46	R\$ 1.761,73	R\$ 52,84	R\$ 1.814,57	R\$ 3.575,96
47	R\$ 1.779,17	R\$ 35,40	R\$ 1.814,57	R\$ 1.796,79
48	R\$ 1.796,79	R\$ 17,79	R\$ 1.814,57	R\$ 0,00

Com base nesse cronograma de amortização segue o P&L de longo prazo, lembrando que o P&L de longo prazo se mantém constante, a única diferença em relação ao P&L de capital próprio está em 2016.

Tabela 23 - P&L capital próprio

Ano	2016	2021	2026	2031	2036
Receita Bruta	7.695	16.512	32.263	41.584	50.921
Preço do Composto (BRL/ton)	76	101	132	170	208
Massa Inicial (ton/ano)	203	326	489	489	489
Massa Final (ton/ano)	101	163	245	245	245
Custos (OPERACIONAL)	(6.468)	(9.668)	(18.691)	(23.292)	(27.777)
Eleticidade (BRL/ano)	(226)	(458)	(856)	(1.067)	(1.272)
Preço de energia (BRL/kWh)	0,3036	0,3820	0,4760	0,5932	0,7074
Volume de energia (kWh)	744	1.199	1.799	1.799	1.799
Potencia (kW)	3,675	3,675	3,675	3,675	3,675
Tempo de Uso (horas/ano)	203	326	489	489	489
Número de horas por tonelada	1	1	1	1	1
Logística (BRL/ano)	(614)	(772)	(963)	(1.200)	(1.431)
Preço gasolina (BRL/L)	3,411	4,2915	5,3480	6,6646	7,9476
Consumo do automóvel (km/L)	9,50	10	10	10	10
Distância por dia (km)	7,60	7,600	7,600	7,600	7,600
Número de dias por ano	225	225	225	225	225
Desodorizador (BRL/ano)	(228)	(462)	(863)	(1.076)	(1.283)
Custo por litro	30,00	37,74	47,04	58,62	69,90
Necessidade por tonelada (1 litro por 20 toneladas)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Salários	(5.400)	(7.976)	(16.009)	(19.950)	(23.791)
Horas trabalhadas por dia	4,00	4,70	7,56	7,56	7,56
Salário por hora	6,00	7,55	9,41	11,72	13,98
Número de dias por ano	225	225	225	225	225
Custos (IMPLANTAÇÃO)	(21.775)				
Lucro líquido c/ financiamento (prazo 4 anos)	(20.548)	6.843	13.572	18.292	23.144

Agora será mostrado o P&L de curto prazo para a alternativa de 4 anos de financiamento. Veja que o impacto no lucro líquido do financiamento é menor para o caixa da Universidade nesse caso.

Tabela 24 - P&L para a alternativa de 4 anos de financiamento

Ano	2016	2017	2018	2019	2020
Receita Bruta	7.695	9.002	10.524	12.236	14.218
Preço do Composto (BRL/ton)	76	81	86	91	96
Massa Inicial (ton/ano)	203	223	245	270	296
Massa Final (ton/ano)	101	111	123	135	148
Custos (OPERACIONAL)	(6.468)	(6.782)	(7.117)	(7.440)	(8.478)
Eleticidade (BRL/ano)	(226)	(261)	(301)	(346)	(398)
Preço de energia (BRL/kWh)	0,3036	0,3188	0,3347	0,3498	0,3655
Volume de energia (kWh)	744	819	900	991	1.090
Potencia (kW)	3,675	3,675	3,675	3,675	3,675
Tempo de Uso (horas/ano)	203	223	245	270	296
Número de horas por tonelada	1	1	1	1	1
Logística (BRL/ano)	(614)	(645)	(677)	(707)	(739)
Preço gasolina (BRL/L)	3,411	3,5816	3,7606	3,9299	4,1067
Consumo do automóvel (km/L)	9,50	10	10	10	10
Distância por dia (km)	7,60	7,600	7,600	7,600	7,600
Número de dias por ano	225	225	225	225	225
Desodorizador (BRL/ano)	(228)	(263)	(304)	(349)	(402)
Custo por litro	30,00	31,50	33,08	34,56	36,12
Necessidade por tonelada (1 litro por 20 toneladas)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Salários	(5.400)	(5.613)	(5.835)	(6.037)	(6.939)
Horas trabalhadas por dia	4,00	3,96	3,92	3,88	4,27
Salário por hora	6,00	6,30	6,62	6,91	7,22
Número de dias por ano	225				
Custos (IMPLANTAÇÃO)	(21.775)	(21.775)	(21.775)	(21.775)	
Lucro líquido c/ financiamento (prazo 4 anos)	(20.548)	(19.555)	(18.368)	(16.979)	5.740

5.6.4.3 Alternativa com financiamento de prazo de 2 anos

A última alternativa a ser analisada é a que possui o financiamento com prazo estipulado de 2 anos. Assim como no caso do financiamento com 48 meses, o empréstimo do BNDES segue o modelo PRICE, com as parcelas mensais iguais, tendo a amortização da dívida valores diferentes por mês, como pode ser visto na tabela.

Tabela 25 – Sistema PRICE financiamento 48 meses

 Sistema PRICE				
Nº	Amortização	Juros	Prestação	Saldo
0	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 69.061,00
1	R\$ 2.563,37	R\$ 683,70	R\$ 3.247,07	R\$ 66.497,63
2	R\$ 2.588,75	R\$ 658,33	R\$ 3.247,07	R\$ 63.908,89
3	R\$ 2.614,37	R\$ 632,70	R\$ 3.247,07	R\$ 61.294,51
4	R\$ 2.640,26	R\$ 606,82	R\$ 3.247,07	R\$ 58.654,25
5	R\$ 2.666,40	R\$ 580,68	R\$ 3.247,07	R\$ 55.987,86
6	R\$ 2.692,79	R\$ 554,28	R\$ 3.247,07	R\$ 53.295,07
7	R\$ 2.719,45	R\$ 527,62	R\$ 3.247,07	R\$ 50.575,62
8	R\$ 2.746,37	R\$ 500,70	R\$ 3.247,07	R\$ 47.829,24
9	R\$ 2.773,56	R\$ 473,51	R\$ 3.247,07	R\$ 45.055,68
10	R\$ 2.801,02	R\$ 446,05	R\$ 3.247,07	R\$ 42.254,66
11	R\$ 2.828,75	R\$ 418,32	R\$ 3.247,07	R\$ 39.425,91
12	R\$ 2.856,76	R\$ 390,32	R\$ 3.247,07	R\$ 36.569,15
13	R\$ 2.885,04	R\$ 362,03	R\$ 3.247,07	R\$ 33.684,11
14	R\$ 2.913,60	R\$ 333,47	R\$ 3.247,07	R\$ 30.770,51
15	R\$ 2.942,44	R\$ 304,63	R\$ 3.247,07	R\$ 27.828,07
16	R\$ 2.971,57	R\$ 275,50	R\$ 3.247,07	R\$ 24.856,50
17	R\$ 3.000,99	R\$ 246,08	R\$ 3.247,07	R\$ 21.855,50
18	R\$ 3.030,70	R\$ 216,37	R\$ 3.247,07	R\$ 18.824,80
19	R\$ 3.060,71	R\$ 186,37	R\$ 3.247,07	R\$ 15.764,09
20	R\$ 3.091,01	R\$ 156,06	R\$ 3.247,07	R\$ 12.673,09
21	R\$ 3.121,61	R\$ 125,46	R\$ 3.247,07	R\$ 9.551,48
22	R\$ 3.152,51	R\$ 94,56	R\$ 3.247,07	R\$ 6.398,96
23	R\$ 3.183,72	R\$ 63,35	R\$ 3.247,07	R\$ 3.215,24
24	R\$ 3.215,24	R\$ 31,83	R\$ 3.247,07	R\$ 0,00

Baseando nos valores da tabela acima, se fez também a mesma análise de fluxo de caixa. Inicialmente o fluxo de longo prazo.

Tabela 26 - Fluxo de longo prazo

Ano	2016	2021	2026	2031	2036
Receita Bruta	7.695	16.512	32.263	41.584	50.921
Preço do Composto (BRL/ton)	76	101	132	170	208
Massa Inicial (ton/ano)	203	326	489	489	489
Massa Final (ton/ano)	101	163	245	245	245
Custos (OPERACIONAL)	(6.468)	(9.668)	(18.691)	(23.292)	(27.777)
Eleticidade (BRL/ano)	(226)	(458)	(856)	(1.067)	(1.272)
Preço de energia (BRL/kWh)	0,3036	0,3820	0,4760	0,5932	0,7074
Volume de energia (kWh)	744	1.199	1.799	1.799	1.799
Potencia (kW)	3,675	3,675	3,675	3,675	3,675
Tempo de Uso (horas/ano)	203	326	489	489	489
Número de horas por tonelada	1	1	1	1	1
Logística (BRL/ano)	(614)	(772)	(963)	(1.200)	(1.431)
Preço gasolina (BRL/L)	3,411	4,2915	5,3480	6,6646	7,9476
Consumo do automóvel (km/L)	9,50	10	10	10	10
Distância por dia (km)	7,60	7,600	7,600	7,600	7,600
Número de dias por ano	225	225	225	225	225
Desodorizador (BRL/ano)	(228)	(462)	(863)	(1.076)	(1.283)
Custo por litro	30,00	37,74	47,04	58,62	69,90
Necessidade por tonelada (1 litro por 20 toneladas)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Salários	(5.400)	(7.976)	(16.009)	(19.950)	(23.791)
Horas trabalhadas por dia	4,00	4,70	7,56	7,56	7,56
Salário por hora	6,00	7,55	9,41	11,72	13,98
Número de dias por ano	225	225	225	225	225
Custos (IMPLANTAÇÃO)	(38.965)				
Lucro líquido c/ financiamento (prazo 2 anos)	(37.738)	6.843	13.572	18.292	23.144

Tabela 27 - Fluxo de caixa de curto prazo para o financiamento de 2 anos com o BNDES

Ano	2016	2017	2018	2019	2020
Receita Bruta	7.695	9.002	10.524	12.236	14.218
Preço do Composto (BRL/ton)	76	81	86	91	96
Massa Inicial (ton/ano)	203	223	245	270	296
Massa Final (ton/ano)	101	111	123	135	148
Custos (OPERACIONAL)	(6.468)	(6.782)	(7.117)	(7.440)	(8.478)
Eleticidade (BRL/ano)	(226)	(261)	(301)	(346)	(398)
Preço de energia (BRL/kWh)	0,3036	0,3188	0,3347	0,3498	0,3655
Volume de energia (kWh)	744	819	900	991	1.090
Potencia (kW)	3,675	3,675	3,675	3,675	3,675
Tempo de Uso (horas/ano)	203	223	245	270	296
Número de horas por tonelada	1	1	1	1	1
Logística (BRL/ano)	(614)	(645)	(677)	(707)	(739)
Preço gasolina (BRL/L)	3,411	3,5816	3,7606	3,9299	4,1067
Consumo do automóvel (km/L)	9,50	10	10	10	10
Distância por dia (km)	7,60	7,600	7,600	7,600	7,600
Número de dias por ano	225	225	225	225	225
Desodorizador (BRL/ano)	(228)	(263)	(304)	(349)	(402)
Custo por litro	30,00	31,50	33,08	34,56	36,12
Necessidade por tonelada (1 litro por 20 toneladas)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Salários	(5.400)	(5.613)	(5.835)	(6.037)	(6.939)
Horas trabalhadas por dia	4,00	3,96	3,92	3,88	4,27
Salário por hora	6,00	6,30	6,62	6,91	7,22
Número de dias por ano	225				
Custos (IMPLANTAÇÃO)	(38.965)	(38.965)	(38.965)	(38.965)	
Lucro líquido c/ financiamento (prazo 2 anos)	(37.738)	(36.744)	3.407	4.796	5.740

5.6.5 Método de escolha da melhor alternativa

A partir das apresentações das alternativas, deve se escolher qual tem o menor custo e deve ser implementada. Para fazer essa decisão se escolheu a metodologia do VPL (Valor Presente Líquido), para se tomar uma decisão. O Valor Presente Líquido (VPL) apresenta-se como um dos métodos mais utilizados pela engenharia econômica, sendo de grande valia para avaliar investimentos. Seu intuito é fornecer qual seria o ganho monetário que se teria na realização de um investimento a uma determinada taxa de juros.

(<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18140/tde-03122009-090723/publico/MarioHenriquedaFonsecaOliveira.PDF>)

De acordo com Rebellato (2004) o VPL de um projeto de investimento é o valor atual das entradas de caixa (retornos de capital esperados), incluindo o valor residual (se houver) menos o valor atual das saídas de caixa (investimentos realizados). Para o cálculo VPL deve se decidir uma taxa de desconto i , que pode ser definida como o custo de oportunidade de capital ou custo de capital (GITMAN, 2002)

O cálculo do VPL é dado pela seguinte fórmula:

$$VPL = \sum_{j=1}^n (FC_j / (1 + i)^n) - FCo$$

Nesse formula as variáveis tem as seguintes definições:

- FC_j : representa o valor de entrada (ou saída) de caixa previsto para cada intervalo de tempo i
- FCo : fluxo de caixa verificado no período no momento zero, podendo ser um investimento, empréstimo ou financiamento
- i : é a taxa de desconto
- n : período de tempo

A taxa de desconto i aplicada nesse modelo foi a mesma para todos as alternativas, visto que não se sabe o custo de capital próprio da própria Universidade e as externalidades ambientais do projeto são fatores que contribuem

para diminuir a taxa de desconto utilizada. Para esse cálculo utilizou-se a taxa SELIC como parâmetro, que é 14,5%, valor de novembro de 2015 e aplicou-se um desconto de 4%, justificado pelo ganho ambiental do projeto. Portanto a taxa de desconto aplicada foi de 10,5% para as três alternativas de financiamento.

Como pode ser visto aqui todas as alternativas se mostraram viáveis com $VPL > 0$, porém a alternativa que traz o maior retorno para o projeto é a alternativa sem financiamento, isso já poderia ser esperado visto que os prazos disponibilizados pelo BNDES são muito curtos. Entretanto se sabe que as condições de investimento inicial podem ser um limitante, dado a difícil situação financeira da Universidade de São Paulo no ano de 2015, onde muitos gastos foram cortados. Nesse sentido as outras alternativas, apesar de terem um VPL menor, podem ser utilizadas, dado que o principal objetivo do projeto não é a questão econômica, e sim a reutilização da matéria orgânica de forma sustentável e que possa colocar a USP no caminho de um dos objetivos do Programa USP sustentável até 2025.

5.7 Aplicação da matriz de decisão multi-critérios

A seguir serão apresentadas as matrizes multicritérios que mostram como foi hierquizada os subcritérios de cada análise. A decisão foi feita em discussões realizadas pelo próprio juntamente com conversas com profissionais atuantes no setor. A metodologia se baseia em uma matriz quadrada na qual se compara um critério em relação ao outro em termos de importância para o projeto, em uma escala de 1 a 5, com 5 sendo considerado a nota máxima de um subcritério e 1 a nota mínima. Depois se calcula a importância média que um subcritério em relação ao critério principal (ambiental, técnico, econômico, jurídico).

Os critérios também passaram por uma análise subjetiva na qual foram atribuídos os pesos que cada um teria na matriz de decisão para a escolha da alternativa mais adequada.

Finalmente, cada alternativa apresentou uma nota final para cada critério, que foram somadas e a que obteve a maior nota dentre as alternativas foi a escolhida.

5.7.1 Escalas, justificativas e resultados

Foi feita a comparação dos indicadores de critério ambiental, para o objetivo do projeto e o ambiente onde será inserido, dentro do campus universitário, considerando o aproveitamento da matéria-prima o subcritério mais relevante, seguido do impacto social. Como menos relevante, consideramos a poluição sonora, dado que o viveiro fica relativamente distante de possíveis prédios estudantis, e a emissão de poluentes também tem impacto reduzido.

Tabela 28 – Indicadores de critérios ambientais

Subcritérios	Aproveitamento de matéria-prima	Poluição sonora	Emissão de poluentes atmosféricos	Impacto social	Média da Linha	Pesos de cada subcritério
Aproveitamento de matéria-prima	3	5	4	4	4,00	0,33
Poluição sonora	1	3	2	2	2,00	0,17
Emissão de poluentes atmosféricos	2	4	3	2	2,75	0,23
Impacto social	2	4	4	3	3,25	0,27

Na análise econômico/financeira das alternativas, o custo de produção juntamente com o custo de implantação foram considerados os mais relevantes, devido ao impacto na caixa da Universidade. Foi priorizado o custo de produção, pois tem impacto recorrente nesse aspecto, e como o projeto é de longo prazo, se discutiu e chegou a conclusão que o peso do custo de produção seria um pouco maior. Com relação a capacidade da produção de insumos e o preço de mercado no insumo gerado na compostagem, foi dada uma maior nota para a primeira opção, justificado pelo fato do composto vir a ser utilizado no próprio viveiro da universidade o qual possui uma alta demanda.

Tabela 29 - Indicadores de critérios ambientais II

Subcritérios	Preço de mercado do insumo gerado	Custo de produção	Custo de implantação	Capacidade da produção de insumos	Média da Linha	Pesos de cada subcritério
Preço de mercado do insumo gerado na compostagem	3	1	1	2	1,75	0,15
Custo de produção	5	3	4	5	4,25	0,35
Custo de implantação	5	2	3	5	3,75	0,31
Capacidade da produção de insumos	4	1	1	3	2,25	0,19

Do ponto de vista jurídico, os indicadores foram mais simplificados, tendo a dificuldade de aprovação da alternativa como maior peso dos subcritérios. Em seguida, decidiu-se priorizar a visibilidade política, pois o projeto entrará no contexto do USP sustentável.

Tabela 30 - Indicadores de critérios ambientais III

Subcritérios	Complexidade jurídica	Dificuldade de aprovação da alternativa	Visibilidade Política	Média da Linha	Pesos de cada subcritério
Complexidade jurídica	3	1	2	2,00	0,22
Dificuldade de aprovação da alternativa	5	3	2	3,33	0,37
Visibilidade Política	4	4	3	3,67	0,41

Quanto ao parâmetro técnico, que foi considerado o critério mais importante a ser analisado, 5 subcritérios foram utilizados. Dentre eles, dois foram considerados os mais relevantes para a escolha da alternativa, a facilidade de operação e a qualidade do produto final. Em seguida o odor foi considerado mais relevante, pelo fato de ser um dos principais atrativos de vetores, que é necessário evitarmos ao máximo no projeto. Por fim, a necessidade de mão de obra especializada foi o indicador que recebeu a menor nota, devido a participação dos alunos do curso da engenharia ambiental junto com um responsável que será explicada a seguir na fase de implantação do projeto.

Tabela 31 – Indicadores de critérios ambientais IV

Subcritérios	Odor	Necessidade de adição de outros insumos	Facilidade de operação	Qualidade do produto final	Necessidade de mão de obra especializada	Média da Linha	Pesos de cada subcritério
Odor	3	4	2	2	5	3,20	0,21
Necessidade de adição de outros insumos	2	3	2	2	5	2,80	0,19
Facilidade de operação	4	4	3	3	5	3,80	0,25
Qualidade do produto final	4	4	3	3	5	3,80	0,25
Necessidade de mão de obra especializada	1	1	1	1	3	1,40	0,09

Com os pesos decididos, se analisou qual a nota que cada alternativa deveria ter para cada subcritério. Foi levado em consideração o estudo inicial das alternativas na literatura, as conversas com profissionais da área, mas é claro que há uma subjetividade na quantificação da nota. A seguir segue as notas para cada alternativa.

- (1) compostagem natural só com resíduos orgânicos do restaurante
- (2) compostagem natural só com os resíduos orgânicos de poda
- (3) compostagem natural com resíduos orgânicos do restaurante mais resíduos de poda
- (4) compostagem acelerada com um tipo só tipo de resíduo (com a introdução de microrganismos aceleradores de processo)
- (5) compostagem acelerada com os dois tipos de resíduos
- (6) compostagem de resíduos orgânicos do restaurante em equipamento específico (tritador) e compostagem natural com os resíduos de poda.

Tabela 32 – Pontuação dos indicadores

			A1	A2	A3	A4	A5	A6
Critérios		Pesos						
Amb	Aproveitamento de matéria-prima	0,33	3	2	5	3	5	3
	Poluição sonora	0,17	3	3	3	3	3	4
	Emissão de poluentes atmosféricos	0,23	4	5	4	4	5	4
	Impacto social	0,27	3	3	3	3	3	4
Econ/Fin	Preço de mercado do insumo gerado na compostagem	0,15	1	2	3	5	5	4
	Custo de produção	0,35	4	4	3	2	2	2
	Custo de implantação	0,31	4	4	3	2	2	2
	Capacidade da produção de insumos	0,19	2	2	4	4	4	5
Tec	Odor	0,21	2	4	3	4	4	5
	Necessidade de adição de outros insumos	0,19	2	2	4	4	3	5
	Facilidade de operação	0,25	2	3	4	3	3	5
	Qualidade do produto final	0,25	2	2	3	4	4	5
	Necessidade de mão de obra especializada	0,09	4	4	3	2	2	2
Jur	Complexidade jurídica	0,22	4	4	3	3	2	3
	Dificuldade de aprovação da alternativa	0,37	5	5	4	3	3	1
	Visibilidade Política	0,41	3	3	5	5	4	3

Com as notas e os pesos de cada critério decididos, foi feita a soma para descobrirmos qual alternativa era a mais adequada para o projeto. O resultado segue abaixo:

Tabela 33 – Ponderação final

Tabela Final	Pesos	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5	Alternativa 6
Amb	3	3,23	3,13	3,90	3,23	4,13	3,67
Econ/Fin	2	3,19	3,33	3,19	2,81	2,81	2,85
Tec	4	2,19	2,87	3,44	3,56	3,37	4,72
Jur	1	3,96	3,96	4,19	3,81	3,19	2,26
Total		28,8	31,5	36,0	33,4	34,7	37,8

A alternativa escolhida foi a 6, compostagem de resíduos orgânicos do restaurante em equipamento específico (tritador) e compostagem natural com os resíduos de poda. Entretanto a diferença, para a alternativa 3 foi pequena, devido principalmente a dificuldade a questão econômica, principalmente o custo de produção da alternativa 6, porém se priorizou a qualidade do composto tendo um peso maior na avaliação do que o critério econômico. Já a alternativa 1 foi bem deficitária no quesito técnico, devido a dificuldade em compostar um resíduo puramente de restos de comida. A alternativa 2 se mostrou limitada na questão

ambiental, em função do pouco reaproveitamento de matéria orgânica que poderia ser feita somente com os resíduos de poda, já que o resíduo do restaurante é mais problemático para o campus universitário. A alternativa 5 se mostrou inviável do ponto de vista econômico, dada a situação atual da universidade.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O método de escolha da melhor alternativa, baseado na matriz de decisão com análise de multicritérios se mostrou efetivo pois conseguiu contemplar as principais variáveis qualitativas do sistema. Permitiu a atribuição de pesos para uma análise quantitativa da importância de cada subcritério para o contexto do projeto. Claro que há limitações, pois a definição dos pesos depende basicamente da experiência e da capacidade dos autores do projeto.

A operação adequada e as proporções dos resíduos de poda e do restaurante representam ganhos no processo de compostagem, a mistura de resíduos com características diferenciadas favorece a compostagem gerando um equilíbrio da umidade, dos nutrientes, da relação C/N e favorece estruturação física da leira de compostagem. Nos primeiros meses de operação, deverão ser feitos testes em pequena escala na composteira, podendo assim o operador avaliar empiricamente quais as melhores proporções.

Devemos ressaltar que a segregação na fonte, uma das etapas mais difíceis para a gestão de resíduos sólidos, não é um entrave, pelo contrário, é prática comum nos restaurantes administrados pelo COSEAS, facilitando assim o caminho para que se atinja a sustentabilidade.

A análise legal do empreendimento deve ser feita, pois mesmo o projeto sendo piloto, é necessário que esteja de acordo com as leis ambientais vigentes. As etapas operacionais foram separadas com o objetivo de analisar cada etapa do licenciamento e também abordar as questões de segurança de trabalho adequadas para cada fase do ciclo de produção do composto. Devem ser consideradas o armazenamento dos resíduos sólidos e o seu transporte, atividade de secagem, compostagem e estocagem/distribuição. O projeto se enquadra na faixa de

capacidade inferior a 10 toneladas por dia. Por esse motivo, de acordo com a CETESB, o licenciamento se torna mais simples.

Finalmente devemos sempre reforçar que a adequada gestão dos resíduos na CUASO deve ser imune às possíveis ingerências políticas e interesses diversos. Devemos buscar no interesse comum a melhor prática de gestão no campus, reduzindo assim o volume que será disposto em aterros sanitários, produzindo um composto em quantidade e qualidade adequadas, e principalmente deixando o exemplo de sustentabilidade que deve ser fundamental na universidade.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10004:** Resíduos Sólidos - Classificação. Rio de Janeiro, 2004. 71p.
- ABREU, E.S; SPINELLI, M.G.N; ZANARDI, A.M.P. **Gestão de Unidades de Alimentação e Nutrição: um modo de fazer.** São Paulo: Editora Metha, 2003.
- BARREIRA, L.P. **Avaliação das usinas de compostagem do estado de São Paulo em função da qualidade dos compostos e processos de produção.** 2005. 204p. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6134/tde-08032006-111308/publico/tese.pdf>> Acesso em: 20 Abr. 2015.
- BIDONE, F.R.A.; POVINELLI, J. **Conceitos básicos de resíduos sólidos.** São Carlos: EESC-USP, 1999. 120p.
- BIDONE, F.R.A.; POVINELLI, J. **Conceitos básicos de resíduos sólidos.** 3.ed. São Carlos: EESC-USP, 2010. 109p
- BRASIL. LEI Nº 12.305, DE 2 DE AGOSTO DE 2010. **Política Nacional de Resíduos Sólidos.** Casa Civil, Brasília, DF, 2010. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acessado em: 22 Abr. 2015.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Reciclagem e Aproveitamento:** Coleta Seletiva. Brasília, 20---. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/catadores-de-materiais-reciclaveis/reciclagem-e-reaproveitamento>> Acesso em: 13 Maio. 2015.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. **Planos Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília, 2012. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/182/_arquivos/manual_de_residuos_solidos3003_182.pdf> Acesso em: 19 Maio. 2015

BRUNI, V.C. **Avaliação do processo operacional de compostagem aerada de lodo de esgoto e poda vegetal em reatores fechados**. 2005. 114p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005. Disponível em: <http://www.ppgerha.ufpr.br/publicacoes/dissertacoes/files/097-Vinicio_Costa_Bruni.pdf> Acesso em: 27 Abr. 2015.

CARMICHAEL, C.J. **Economic and social aspects of food waste composting alternatives for New York State Communities**. 1999. 294p. Thesis (Master) - College of Environmental Science and Forestry, State University of New York. Syracuse, NY, 1999. Disponível em: <<http://sunzi.lib.hku.hk/sci-hub.org/ER/detail/hkul/3066584>> Acesso em: 02 Maio. 2015.

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM (CEMPRE). **Fichas técnicas. Composto Urbano**. 2010. Disponível em: <<http://cempre.org.br/artigo-publicacao/ficha-tecnica/id/10/composto-urbano>>. Acesso em: 20 Maio. 2015.

DE BERTOLDI, M.; VALLINI, G.; PERA, A. The biology of composting: A review. **Waste Management & Resource**, v.1, n.1, p.153-176, 1983.

FERNANDES, F.; SILVA, S.M.S.P. **Manual prático para compostagem de bioresíduos**. 1.ed. Rio de Janeiro: ABES – Associação Brasileira de Engenharia Ambiental e Sanitária, 1999. 84p.

GITMAN, L.J. **Princípios de administração financeira**. 10 ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2004

IBGE, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censos Demográficos 1980, 1991 e 2000**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 20 Abr. 2015.

JACOBI, P.R.; BESEN, G.R. Gestão de Resíduos Sólidos e São Paulo: desafios da sustentabilidade. **Revista Estudos Avançados**, v.25, n.71, p. 135-158, 2011.

KIEHL, E.J. **Manual de Compostagem: maturação e qualidade do composto**. Piracicaba: O autor, 1998. 173p.

KIEHL, E.J. **Manual da Compostagem: Maturação e Qualidade do Composto**. 4ed. Piracicaba: O autor, 2004. 173p.

MASSUKADO, L.M. **Desenvolvimento do processo de compostagem em unidade descentralizada e proposta de software livre para o gerenciamento municipal dos resíduos sólidos domiciliares**. 2008. 204p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos, 2008. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-18112008-084858/publico/TeseLucianaMiyokoMassukado.pdf>> Acesso em> 15 Maio. 2015.

MEIRA, A.M. **Gestão de Resíduos de Arborização Urbana**, Tese de doutorado, Piracicaba, 2010

NUNES, M.U.C. **Compostagem de Resíduos para Produção de Adubo Orgânico na Pequena Propriedade**. Circular Técnica n.59. Aracajú, EMBRAPA, 2009.

NOLASCO, A. M. Resíduos da colheita e beneficiamento da caixeta - *Tabebuia cassinoides* (Lam.) DC.: caracterização e perspectivas. São Carlos. 2000.

171p. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Universidade de São Paulo. São Carlos, 2000.

OLIVEIRA, E.C.A.; SARTORI, R.H.; GARCEZ, T.B. **Compostagem**. 2008. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2008. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Compostagem_000fhc8nfqz02wyi v80efhb2adn37yaw.pdf> Acesso em: 14 Abr. 2015.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO (PMSP). **Manual técnico de poda de árvores**. São Paulo, 2012a. Disponível em: <http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/chamadas/manualtecnico_poda_v11_150_1354216796.pdf> Acesso em: 01 Maio. 2015.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO (PMSP). **Plano de Gestão Integrada de Resíduo Sólidos do Município de São Paulo**. São Paulo, 2012b. Disponível em: <<http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/servicos/arquivos/PGIRS-2014.pdf>> Acesso em: 07 Abr. 2015.

REBELATTO, D.A.N, **Projeto de investimento: com estudo de caso completo na área de serviços**. BARUERI: Manole, 2004

REIS, M.F.P. **Avaliação do processo de compostagem de resíduos sólidos urbanos**. 2005. 239p. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2005. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/7653/000550758.pdf?sequence=1>> Acesso em: 21 Abr. 2015.

RODRIGUES, M.S. **Resíduos orgânicos como matéria-prima para compostagem**. In: I SICOM – Simpósio sobre Compostagem – "Ciência e Tecnologia", 2004, Universidade Estadual Paulista, Botucatu. p. 1-27.

SENESI, N. Composted materials as organic fertilizers. **The Science of the Total Environment**, v.81-82, p.521-542, 1989.

SILVA JÚNIOR, A.A.; MACEDO, S.G.; STUKER, H. **Utilização de esterco na produção de mudas de tomateiro**. Florianópolis: EPAGRI, 1995. 28p. (Boletim Técnico, 73).

TCHOBANOGLIOUS, G.; THEISEN, H.; VIGIL, S. **Integrated Solid Waste Management Engineering Principles and Management Issues**, New York: McGraw-Hill International Editions, 1993. 949p.

VENZKE, C.S. **A geração de resíduos em restaurantes analisada sob a ótica da produção mais limpa**. Disponível em: <http://www.portalsaadm.ufrgs.br/acervo/artigos/P+L_Restaurantes.pdf> Acesso em: 17 Abr. 2015.

VERAS, L.M.S.C. **Plano de arborização de cidades – metodologia**. In: CONGRESSO NORDESTINO DE ECOLOGIA, 1986. Recife. Anais. Recife UFRPE, Departamento de Biologia, 1986. p.8-14.

VIANA, E.N.; SCHULZ, H.; ALBUQUERQUE, R.; NORONHA, A. Resíduos alimentares do lixo domiciliar: estudo do uso na alimentação de frangos de corte. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10 n.1, 2006.

ANEXOS

Anexo I – Planta e corte do Galpão de Compostagem.

