

**SUPERINTENDÊNCIA DE GESTÃO AMBIENTAL**  
**DESENVOLVIMENTO DA SUSTENTABILIDADE NA USP**  
**EDITAL 2013**

*Compostagem dos resíduos orgânicos do Restaurante Universitário do Campus II da USP-São  
Carlos*

**Pesquisador responsável:** Prof. Associado Valdir Schalch – SHS/EESC/USP

**Equipe:** Rhennan M. Bontempi – 8552290  
Monique Lima – 8007169  
Renan Lupion – 8552101  
Lara Ramos – 8552219  
Leonardo Garcia – 8552157  
Thais Beham – 8552251  
Letícia Alencar – 8552095  
Felipe Pucci (Aluno UFScar) – RA 295450  
Pedro Zanetti – 6448150  
Carolina Santos – 6813582  
Renato Oliveira – 6448143  
Vinícius Boico – 6448192.

.  
.

## **RESUMO**

A composição física dos resíduos domiciliares no Brasil têm mostrado predominância de materiais orgânicos, os quais representam 51% do total de resíduos gerados no Brasil. Essa grande quantidade de matéria orgânica influi diretamente nos impactos ambientais associados à disposição final desses resíduos em aterros sanitários, pois sua decomposição influencia na geração de chorume e de gases de efeito estufa (BELLO, 2010). Visto que a compostagem é recomendada pela literatura acadêmica como solução técnica economicamente e ambientalmente viável, estando, inclusive, na legislação estadual e federal como técnica de destinação final ambientalmente adequada, propomos neste trabalho a compostagem dos resíduos orgânicos do Restaurante Universitário do Campus II da USP-São Carlos em área localizada no próprio *campus*.

O projeto é estruturado sobre os pilares do Ensino, Pesquisa e Extensão, e pretende o levantamento e análise de dados acerca do processo de compostagem a ser realizado, fomentando pesquisas acadêmicas sobre o assunto; a integração com disciplinas cujas ementas tenham relação com meio ambiente e resíduos sólidos; e por fim, explorar o potencial de diálogo junto à comunidade universitária e comunidade do entorno em atividades de conscientização e educação ambiental.

*Palavras-chave:* compostagem, resíduos orgânicos, gestão

## **1 INTRODUÇÃO**

A Lei Estadual nº 12.300, que institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos, sancionada no dia 16 de março de 2006, e regulamentada pelo decreto estadual nº 54.645 de 2009, e a Lei Federal nº 12.305, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, sancionada no dia 02 de agosto de 2010 e regulamentada pelo Decreto nº 7.404 em 23 de dezembro de 2010, tratam, dentre outros aspectos, das diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos e das responsabilidades dos geradores e do poder público. As referidas leis trabalham com dois conceitos-chave:

- destinação final ambientalmente adequada;
- disposição final ambientalmente adequada.

O primeiro conceito remete aos resíduos e o segundo conceito aos rejeitos, para os quais, segundo a Lei nº 12.305, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não há outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada. Já as ações de destinação devem ser pautadas, principalmente, na redução, reutilização, reciclagem, compostagem, recuperação e no

aproveitamento energético dos resíduos, a fim de evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, minimizando os impactos ambientais adversos.

Nesse contexto, para que a questão dos resíduos atinja efetivamente âmbito nacional, todos os municípios devem apresentar um Plano Municipal de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos até 2014. Incluso neste Plano Municipal, as propostas de gestão para resíduos orgânicos serão de extrema importância, visto que, no Brasil, mais da metade dos resíduos gerados são compostos orgânicos, diferentemente de países desenvolvidos, como os Estados Unidos, por exemplo, em que a composição de materiais recicláveis é maior.

A grande quantidade de matéria orgânica influi diretamente nos impactos ambientais associados à disposição final desses resíduos em aterros sanitários, pois sua decomposição influencia na geração de chorume e de gases de efeito estufa (BELLO, 2010).

Uma alternativa de tratamento para os resíduos orgânicos seria a compostagem, a qual é uma técnica biotecnológica utilizada para se obter, com maior rapidez e em melhores condições, a estabilização da matéria orgânica, que apresentará propriedades e características físicas, químicas e biológicas diferentes do material de origem.

A partir do exposto, fica clara a contribuição da compostagem como forma de reduzir o volume de resíduos enviados ao aterro sanitário, permitindo elevar sua expectativa de vida bem como minimizar impactos ambientais negativos resultantes da disposição desses resíduos orgânicos. Segundo Teixeira (2004), há uma necessidade de conhecimento e melhoria desse tipo de tratamento, uma vez que é ecologicamente correto e de baixo custo e pode ser utilizado posteriormente como composto condicionante do solo.

O presente projeto propõe a execução da técnica de compostagem para os resíduos orgânicos gerados no Restaurante Universitário do *campus* II da USP-São Carlos, que são constituídos por restos de resíduos utilizados no preparo de alimentos servidos nas refeições e pelas sobras de alimentos das bandejas. Além disso, visa-se a divulgação e conscientização da comunidade USP e dos moradores do entorno do *campus* II da USP-São Carlos acerca do tema compostagem, apontando-se o papel imprescindível da sociedade como colaboradora e co-responsável na implantação de políticas e soluções para os resíduos sólidos.

## **2 JUSTIFICATIVA**

O presente projeto visa promover a compostagem como o correto tratamento aos resíduos orgânicos do Restaurante Universitário do *campus* II da USP São Carlos, segundo as Leis Estaduais nº 12.300, que institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos, e a Lei Federal nº 12.305, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. O processo de compostagem mostra-se como uma solução

tecnicamente viável e não só ambientalmente correta como também economicamente vantajosa. Com a compostagem dos resíduos orgânicos do RU no *campus* II, grande parte da matéria orgânica produzida deixará de ser enviada ao aterro, propiciando uma redução nos custos com o transporte e tratamento, contribuindo com sua parcela no aumento da vida útil do aterro e redução da quantidade de chorume e gases gerados na decomposição dos resíduos no aterro.

O envolvimento dos membros do projeto na gestão dos resíduos orgânicos consistirá em um grande aprendizado na formação profissional de cada um e através dos materiais de divulgação (cartilhas e relatórios) este aprendizado será dividido para a comunidade USP, incorporando métodos de gestão no dia-a-dia da universidade que poderão ser futuramente institucionalizados.

Neste contexto, a contribuição deste projeto com o Programa de Gestão Ambiental da USP pauta-se na destinação adequada dos resíduos orgânicos gerados diariamente no Restaurante Universitário. Segundo Silva e Andreoli (2010), a separação dos resíduos na fonte é fundamental ao sucesso da alternativa escolhida para a destinação dos mesmos, e neste caso, a execução do presente projeto conta com a vantagem dos resíduos em questão não exigirem qualquer processo de triagem ou separação, por já constituírem, em sua totalidade, material orgânico compostável.

Além disso, a universidade estará cumprindo com seu papel na sociedade, ao demonstrar que os recursos humanos ali formados têm potencial de pensar e desenvolver atividades em prol da sociedade, do ambiente e da economia e, mais do que isso, de transferir esse conhecimento aos demais cidadãos, conscientizando-os de suas responsabilidades quanto aos resíduos que geram.

A realização deste projeto mostra-se oportuna e necessária devido ao fato de que os resíduos orgânicos do Restaurante Universitário do *campus* I e II da USP deixaram de ser compostados na Horta Municipal de São Carlos, sendo atualmente recolhidos pela prefeitura da cidade para envio ao aterro sanitário de Guatapar, distante 67 km do município.

A interdisciplinaridade do projeto apresenta também um grande potencial de articulao entre Ensino, Pesquisa e Extensão, atualizando todos os membros acerca do debate em torno da Política Nacional de Resíduos Sólidos.

### **3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1 Problemática relacionada aos RSU (Resíduos Sólidos Urbanos)**

A compostagem é a técnica de decomposio aeróbia controlada de resíduos orgânicos, que gera, por fim, adubo orgânico, rico em nutrientes e ótimo condicionador de solos. Segundo Cardoso (1992), representa atividade de alta viabilidade e baixo custo para o processamento da parcela orgânica dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), que, no Brasil, representam cerca de 51% (CEMPRE, 2012). Brito (2008) afirma que, considerando que a gerao de resíduos é por si só um

problema, o seu reaproveitamento contribui para aliviar a pressão sobre o meio ambiente, o que reforça a importância da prática da compostagem no atual contexto de consumo exacerbado e consequente geração de resíduos em meio ao qual vivemos. Além disso, a compostagem pode ser considerada importante instrumento no processo de educação ambiental, por estimular a consciência ecológica e ser embasada na idéia de reaproveitamento de restos alimentares e restos de poda, antes considerados rejeitos.

### **3.2 Aspectos técnicos relacionados à compostagem**

#### **3.2.1 Resíduos compostáveis**

De acordo com o Manual Básico de Compostagem do USP Recicla (2009), a classificação dos resíduos orgânicos compostáveis pode ser sintetizada em dois grupos principais:

1. Castanhos - possuem em sua composição maior proporção de carbono comparado ao índice de nitrogênio (C/N superior a 30:1). Apresentam aspecto acastanhado, baixo teor de umidade e lenta decomposição. Pode-se citar como exemplos de resíduos castanhos feno, palha, aparas de madeira e serragem, aparas de grama seca, folhas secas, ramos pequenos e pequenas quantidades de cinzas de madeira;
2. Verdes - Esses resíduos, inversamente, possuem maior quantidade de nitrogênio, comparando-se à proporção de carbono (C/N inferior a 30:1). Apresentam alto teor de umidade e decomposição mais rápida que os castanhos. Como exemplo, pode-se citar cascas de legumes, hortaliças, frutos, borras de café, restos de pão, arroz, massa, cascas de ovos quebradas, folhas e sacos de chá, cereais e restos de comida cozida e aparas de grama verde.

A fim de promover uma compostagem adequada, faz-se necessário manter a diversidade de resíduos, estabelecendo-se proporcionalidade entre resíduos castanhos e verdes. Há de se destacar que essa proporção não se dá de modo estático: está atrelada à determinada demanda, relativa a condições estacionais, climáticas, etc. Logo, a eficiência do projeto não se restringe ao monitoramento da temperatura ou aos procedimentos mecânicos.

#### **3.2.2 Fatores que influenciam o processo**

Consoante MEIRA, A.M. *et al*, 2003, para o bom andamento do processo de compostagem, é importante que os seguintes aspectos físico-químicos sejam observados:

Aeração - determinante para que a atividade biológica ocorra, permitindo-se a decomposição da matéria orgânica de forma mais rápida (processo aeróbio).

Temperatura - Inicialmente, o processo se encontra em situação mesófila, isto é, em temperatura ambiente, porém, conforme a ação dos micróbios se intensifica, a temperatura aumenta, atingindo

até cerca de 60°C, em que se tem a situação termófila. Essa fase é importante para a eliminação dos micróbios patogênicos e das sementes de plantas doentes. Posteriormente, a temperatura cai até cerca de 30°C.

Umidade (teor de umidade) – Durante o processo de compostagem, é recomendado que o teor de umidade não ultrapasse o valor de 65%, em peso (KIEHL, 2004). O excesso pode trazer danos à geração biológica, com probabilidade de ocorrência de anaerobiose - atividade respiratória em que há ausência de oxigênio. Nessas condições, haveria produção de chorume. Portanto, é altamente recomendável que o espaço da composteira seja coberto. Contudo, cabe ressaltar que a umidade deve ser mantida a fim de não haver redução da atividade biológica.

Tamanho dos resíduos (granulometria) – Uma vez que resíduos de grandes dimensões demandam maior tempo para serem compostados, aconselha-se o uso de um triturador. Embora dimensões demasiadamente pequenas não sejam favoráveis, posto que viabilizariam a compactação da massa, prejudicando o processo de aeração nas camadas inferiores (3,5 cm de diâmetro é um valor suficiente para as partículas).

Relação C/N (Carbono/Nitrogênio) – Carbono e nitrogênio desempenham papel fundamental para a atividade microbiana. Enquanto o primeiro atua como fonte dos processos de obtenção de energia, o segundo representa a matéria-prima da respiração protoplasmática. Uma relação recomendada para o início da compostagem é a proporção C/N 30/1, sendo que os microrganismos absorvem o carbono e nitrogênio nesta medida, a qual pode ser atingida de modo prático com a adição de uma parte de compostos verdes para três partes de compostos castanhos, em volume.

### **3.2.4 Produção de chorume**

É importante definir o que é chorume antes de adentrar em sua polêmica discussão. Trata-se de um líquido, produto da decomposição (atividade enzimática) natural de resíduos orgânicos. Essa produção é maior nos processos anaeróbios que nos aeróbios. De acordo com o pesquisador Celso de Castro Filho, coordenador da área de solos do Instituto Agrônomo do Paraná (Iapar), o chorume pode ser aproveitado como adubo de modo bem sucedido.

Trata-se de um líquido que pode incorporar altas concentrações de macro e micronutrientes e até mesmo toxinas orgânicas. O fator crucial é gerenciar adequadamente o espaço de compostagem, evitando problemas associados a essa substância. A cobertura da área, por exemplo, evita que a água da chuva lave o composto e não gere chorume sem necessidade.

Quanto ao fator do chorume ser tóxico ou ser um biofertilizante, há de se ressaltar a sua formação. Quando proveniente de uma composteira, o chorume não é contaminante, uma vez que derivou da matéria orgânica, estrategicamente disposta para esse fim. Segundo FERNANDES, F.

(1999), esse produto pode, inclusive, retornar à circulação da composteira. O chorume produzido e acumulado no lixão, no entanto, originou-se de uma massa de resíduos sem separação, podendo conter diversas quantidades de agentes tóxicos, como metais pesados, lixo hospitalar, entre outros.

### 3.2.5 Diferentes métodos de compostagem

A compostagem pode ser realizada, basicamente segundo o método de leiras revolvidas ou *sistema windrow*; leiras estáticas aeradas ou *static piles* e sistema fechado ou acelerado. A tabela 1, adaptada da tese de doutorado da Luciana Miyoko Massukado, defendida em 2008, sistematiza os aspectos positivos e negativos dos dois primeiros métodos de compostagem.

Tabela 1- Aspectos positivos e negativos do método de leiras revolvidas e leiras estáticas aeradas

<b>Método</b>	<b>Aspectos Positivos</b>	<b>Aspectos negativos</b>
Leiras revolvidas ou sistema <i>windrow</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Baixo investimento inicial;</li> <li>· Flexibilidade na quantidade de resíduos processada;</li> <li>· Simplicidade de operação;</li> <li>· Uso de equipamentos mais simples;</li> <li>· Emprego de mão de obra.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Requer mais área;</li> <li>· Odor mais difícil de ser controlado, principalmente no momento do revolvimento;</li> <li>· Depende do clima. Em períodos de chuva o revolvimento fica prejudicado.</li> </ul>
Leiras estáticas aeradas ou <i>static piles</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Baixo investimento inicial;</li> <li>· Melhor controle de odores;</li> <li>· Etapa de estabilização mais rápida que o método de leiras revolvidas;</li> <li>· Melhor aproveitamento da área disponível;</li> <li>· Mais eficaz na eliminação de organismos patogênicos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Necessita de bom dimensionamento do sistema de aeração e controle dos aeradores durante compostagem;</li> <li>· Operação também influenciada pelo clima;</li> <li>· Requer que o material de entrada seja o mais homogêneo possível.</li> </ul>

Fonte: Massukado, 2008.

## **4 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **4.1 Materiais**

Os materiais necessários para a realização do projeto de compostagem são os equipamentos usados para a construção da estrutura, para a aeração e para a manutenção, além dos os materiais para o barracão, à comunicação e ao monitoramento da compostagem. Todos os serviços serão realizados por dois estagiários estudantes da USP e um bolsista extensão, cujos ganhos estão descritos no orçamento deste projeto.

Os principais equipamentos e acessórios previstos são:

- triturador - homogeneizar e acelerar processo de compostagem;
- mangueira - limpeza do pátio de compostagem e para manter a umidade das leiras;
- fiação - para os equipamentos elétricos;
- pás e enxadas - operação das leiras de compostagem;
- barris - transporte de pó de serra e folhagem de poda;
- telas mosquiteiro - cobertura dos canos de aeração para que a areia e os resíduos não entupam os furos;
- timers - controlar a passagem de energia elétrica;
- carros coletores gari - para facilitar a coleta dos resíduos orgânicos;
- carro plataforma - carregamento dos restos de alimentos ao barracão e movimentação de equipamentos na área de compostagem;
- quatro aspersores - manutenção da umidade das composteiras;
- Soprador, tubulação 20MM, Tê e adaptador para o soprador - sistema de aeração;
- Tela de alambrado - será usada para construir as leiras e para delimitar a área de compostagem, evitando a entrada de animais e pessoas não autorizadas.

Para a estrutura será necessário:

- 9 Tesouras desenhadas para vão de 6 metros;
- 24 Pilares de pinus (2,80m de altura, diâmetro de 10 à 15 cm);
- 10 sacos de cimento;
- 24 terças (armação);
- 48 contraventos;
- 5 sacos (20 kg) de areia;
- 5 sacos (20 kg) de brita;
- Telhas de material reciclado para a cobertura;
- Materiais de fixação (parafusos, arruelas, grampos, etc);



O monitoramento do processo de compostagem em tempo real será realizado pelo microcontrolador Arduino Mega 2560 R3, no qual serão acoplados os sensores de: temperatura da leira, sensor de umidade da leira, sensor de umidade e temperatura do ar e detector de metano.

Outros equipamentos necessários ao monitoramento são:

- Dois cartões de memória microSD para armazenamento dos dados;
- Conexão wireless;
- Ethernet Adapter, que vem configurado aos cartões de memória;

Por fim, está previsto a confecção de panfletos e cartilhas informativas e uma placa de identificação para o local da compostagem.

## **4.2. Métodos**

Todas as atividades a serem desenvolvidas ao longo do projeto serão desempenhadas pelos dois estagiários bolsistas e pelo bolsista extensão. No entanto, certas atividades serão realizadas por meio da contratação de terceiros, por exemplo, para a construção do pátio de compostagem será contratado um mestre de obras e dois pedreiros. A manutenção e conserto de equipamentos, caso haja necessidade, será contemplada por verba reservada para pagar tais serviços.

As atividades desenvolvidas ao longo do projeto são a seguir elencadas em ordem cronológica de desenvolvimento:

### **4.2.1. Construção da estrutura do pátio de compostagem**

Primeiramente, o terreno destinado à instalação do pátio de compostagem, 250m<sup>2</sup> de área, será preparado (realização de nivelamento e limpeza), sendo seguido da construção da estrutura do pátio coberto com telhas de material reciclado, visando proteger os alambrados da água das chuvas e do sol direto. Na seção de anexos encontra-se um esquema do pátio de compostagem.

A seguir, apresenta-se as etapas básicas para construção do pátio de compostagem:

1. Delimitação da área.
2. Dimensionamento do projeto.
3. Lista dos materiais.
4. Procura de fornecedores e compra.
5. Preparo e limpeza do terreno.
6. Nivelamento da superfície.
7. Tratamento da madeira.
8. Enterramento dos pilares.
9. Fixação das treliças e a armação.
10. Montagem das telhas.
11. Montagem do contravento.

Para a construção do pátio de compostagem, o projeto prevê a contratação de um mestre de obras e dois pedreiros. A proposta do projeto é o total envolvimento dos estudantes em todas as etapas. O envolvimento da comunidade USP com o projeto será buscado em diversos momentos e para esta atividade de construção pretende-se chamar estudantes de engenharia civil, elétrica,

mecânica, ambiental e arquitetura para acompanhar o processo de construção que se realizará no período estimado de um mês, aos finais de semana. Para o cálculo dos custos de contratação dos dois pedreiros e um mestre de obras, consultamos com engenheiros responsáveis por três canteiros de obras em São Carlos os salários pagos e tendo como base o salário médio de 6.500 reais mensais de um mestre de obras e 2.000 reais mensais de um pedreiro, calculamos que para uma dedicação de 8 dias de obras o custo total com mão de obra será de 2.800 reais.

#### **4.2.2. Aquisição dos equipamentos para operação**

A aquisição será feita após cotação de preços de diferentes locais de venda pelos estagiários e, respeitados os critérios de qualidade e desempenho dos produtos e equipamentos, serão comprados de acordo com o menor preço.

#### **4.2.3. Montagem do sistema de aeração e irrigação das leiras**

O sistema de aeração será montado cavando-se uma canaleta no solo e inserindo ao longo dessa canaleta a tubulação de pvc que irá sair do aerador até o centro das composteiras de alambrado. Ao chegar nas composteiras, a tubulação será furada para promover a aeração do composto e será protegida da entrada de areia e resíduos por uma tela de mosquiteiro posicionada entre a tubulação e a base da composteira de alambrado. Utilizando-se um relê entre o microcontrolador Arduíno e o aerador, será possível programar o arduíno para acionar o aerador sempre que a temperatura da leira exceder 65°C. O sistema de irrigação será disposto ao longo dos corredores formados entre as leiras, quatro aspersores serão instalados nas pontas de mangueiras que serão acionadas sempre que a umidade estiver abaixo do recomendado.

#### **4.2.4. Montagem do sistema de microcontroladores e sensores**

As variáveis físico-químicas (temperatura e umidade) serão monitoradas por meio de microcontroladores ligados a sensores para aferir e registrar as duas variáveis. Também será instalado sensor de gás metano nas leiras com o intuito de monitorar o nível de anaerobiose nas mesmas. Pela compostagem ser um processo aeróbio, a anaerobiose é indesejada e sua predominância pode ser detectada pela produção de metano.

Os dados serão armazenados em um cartão de memória e posteriormente plotados em gráficos para subsidiarem as análises de desempenho do processo de compostagem ao longo do tempo. O processo de monitoramento dessas variáveis possibilitará identificar em qual estágio a compostagem se encontra, indicando se a umidade e temperatura estão dentro da faixa ideal para o processo, indicando em qual momento é necessário acionar os aspersores para aumentar a umidade

ou quando deve-se acionar o aerador para aumentar a oxigenação e abaixar a temperatura das leiras de compostagem. De acordo com KIEHL (2004), a umidade ideal para o processo de compostagem situa-se entre 45% e 55% e a temperatura não deve exceder 65°C, sendo ideal manter-se no intervalo de 55 a 65°C durante a fase termófila para eliminar todos os patógenos e para que a maturação do composto seja atingida. Pesquisas relatam que a ação dos microorganismos sobre a matéria orgânica aumenta com a elevação da temperatura até 65°C, posterior a essa passa a haver um decréscimo da atividade biológica (PROSAB, 1999).

#### **4.2.5. Montagem das leiras em alambrado**

Escolheu-se o método de leiras estáticas aeradas, descrito no item “3.2.5. Diferentes métodos de compostagem”, de acordo com MASSUKADO (2008), principalmente por ser de fácil operação, sem necessitar do trabalho mecânico e exaustivo de reviramento das leiras pelo operador da compostagem. A incorporação de algumas tecnologias, como a aeração, aspersão de água e a trituração dos resíduos orgânicos, diminui tanto o tempo de compostagem e a área necessária, quanto o trabalho da mão de obra exigida no processo. Além disso, o composto gerado possui uma boa qualidade quando comparado a outros métodos.

Prevê-se a construção de 14 alambrados, cada um com as seguintes dimensões:

- Raio = 0,75m / Altura = 1,5m;

#### **4.2.6. Coleta dos resíduos orgânicos do RU, de podas do Campus e de resíduos de serragem**

A equipe fez um estudo prévio da geração de resíduos orgânicos pelo Restaurante Universitário e chegou ao valor aproximado de 500 quilogramas por dia gerados no Campus II. O projeto propõe a compostagem de 200 quilogramas de resíduo orgânico por dia, totalizando uma quantidade média diária de 10 sacos pretos de 100 litros. Além dos resíduos orgânicos, o pátio de compostagem também receberá as podas dos dois *campi* da USP São Carlos para serem utilizadas no processo de compostagem. A empresa contratada pela Prefeitura do campus para prestar os serviços de poda dos *campi*, PROVAC, firmou, num primeiro contato com os integrantes do grupo, o compromisso de transportar as podas para o pátio de compostagem do projeto. Tal transporte mostra-se vantajoso para a empresa visto que atualmente ela encaminha essas podas para o aterro municipal. O transporte dos resíduos orgânicos poderá ser feito pelos estagiários utilizando-se o carro plataforma adquirido, já que o pátio de compostagem se localizará em local próximo ao Restaurante Universitário dentro do Campus II, no entanto, o presente projeto indica outras possibilidades que serão consideradas pela equipe na implementação. A alternativa número um é firmar uma parceria com a empresa de podas para que, ao fazer o transporte das mesmas ao pátio de

compostagem, também transporte os resíduos orgânicos do restaurante universitário. A alternativa número dois é, através do apoio institucional da Prefeitura do campus, ser disponibilizado veículo que possa realizar esse transporte de acordo com a demanda de podas.

Outro resíduo a ser utilizado no processo de compostagem, visando atingir a proporção ideal de resíduos úmidos e secos (como relatado no item 3.2.1. resíduos compostáveis), é a serragem, gerada na marcenaria do campus 1 e na maquetaria do IAU (Instituto de Arquitetura da USP). A respeito do transporte para o pátio de compostagem no campus 2, também foram levantadas algumas possibilidades: o transporte poderá ser negociado com a PROVAC (que já estará transportando os resíduos de poda), ou será pensado em conjunto com ambos geradores, no sentido de articular apoio da Prefeitura do campus para disponibilização de veículo para tal, de acordo com a demanda de geração do resíduo.

#### **4.2.7. Mistura dos resíduos orgânicos do Restaurante Universitário com os resíduos orgânicos secos**

Os resíduos serão dispostos de modo que a composição do volume total a ser depositado nos alambrados seja composto 50% por resíduos orgânicos ricos em nitrogênio (composto por restos alimentares provenientes do restaurante universitário), e, a outra metade, resíduos orgânicos secos ricos em carbono (provenientes das podas do campus, da marcenaria do campus e da maquetaria do IAU). Para acelerar o processo de compostagem e homogeneizar a mistura, os resíduos orgânicos serão triturados.

#### **4.2.8. Análise físico-química e ecotoxicológica do composto obtido**

Segundo MASSUKADO (2008), além dos fatores positivos advindos da aplicação do composto de lixo na agricultura, como teor de matéria orgânica, teor de nutrientes e elevação do pH, podem existir também elementos nocivos ao ambiente, como metais. Sendo assim, é imprescindível que sejam realizadas análises a fim de averiguar a qualidade do composto.

Serão analisadas amostras do composto final já totalmente maturado. A coleta das amostras será executada da seguinte maneira:

Amostras do composto: coletadas em pontos diferentes de cada leira, tanto em altura quanto em raio. Imediatamente após a coleta, as amostras serão acondicionadas em sacos plásticos lacrados e encaminhadas ao laboratório, onde, após quarteamento, serão retiradas sub-amostras, mantidas a temperaturas abaixo de 4°C, para posterior encaminhamento para as análises químicas. O restante do material será enviado para a análise física.

Teste ecotoxicológico: Os ensaios seguirão a metodologia descrita por MASSUKADO (2008) e consistirão em três ensaios para ecotoxicidade em ecossistema terrestre: 1) Teste agudo para avaliar a mortalidade; 2) Teste de evitação para avaliar o comportamento e 3) Teste crônico para avaliar a reprodução.

As amostras serão coletadas segundo a NBR 10.007 (ABNT, 2004) e armazenadas em sacos plásticos com etiquetas de identificação. Tomou-se por base os mesmos procedimentos e análises utilizados na tese de MASSUKADO (2008).

Tabela 2: Parâmetros físicos

<b>Temperatura</b>	<b>Densidade</b>	<b>Umidade</b>	<b>Granulometria</b>
Analisada três vezes por semana em um mesmo horário	Medida no início e no final do processo através da utilização de uma balança e um balde graduado.	Realizada no composto maturado em triplicata, seguindo a metodologia da EMBRAPA (1997)	Será determinada em ensaios de agitador de peneiras segundo a metodologia da EMBRAPA (1979)

As análises serão realizadas nos laboratórios do LQA (Laboratório de Química Ambiental), CRHEA (Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada) e do SHS (Departamento de Hidráulica e Saneamento), com o apoio dos professores doutores Maria Olímpia de Oliveira Rezende, Evaldo Luiz Espíndola e Valdir Schalch.

#### **4.2.9. Distribuição do composto obtido**

O tempo de maturação do composto é estimado em aproximadamente 3 meses, segundo PROSAB (1999), ou seja, as primeiras leiras montadas fornecerão adubo orgânico após esse intervalo de tempo.

A destinação prevista para o adubo gerado é as áreas prioritárias do próprio *campus* II, como a agrofloresta, localizada atrás do prédio da Engenharia Ambiental. Além disso, uma vez que as análises laboratoriais indiquem boa qualidade do composto obtido, será realizada divulgação visando a distribuição do adubo à comunidade do próprio *campus* e do entorno, com o intuito de sensibilizar a comunidade a adotar a compostagem em suas residências e promover a educação

ambiental com as escolas municipais no entorno. O composto também poderá ser destinado às áreas verdes da USP, o que reduzirá a demanda por compra de adubo orgânico por parte da unidade.

#### **4.2.10. Avaliação parcial do projeto**

O processo de compostagem será monitorado e os dados obtidos ao longo do processo serão acompanhados pelos estagiários durante todos os meses. Após os primeiros seis meses de execução do projeto, será possível fazer uma reavaliação do mesmo, utilizando-se dos dados acumulados pelo monitoramento das variáveis do processo e pela avaliação dos estagiários responsáveis pela gestão dos erros e acertos. Ao final da avaliação, melhorias poderão ser incorporadas aos seis meses seguintes.

#### **4.2.11. Elaboração de panfletos e cartazes educativos e de divulgação**

A partir do momento em que as análises laboratoriais constatarem a boa qualidade do composto obtido, serão produzidos panfletos com o objetivo de divulgar o projeto existente no campus, para a comunidade universitária e do entorno. O objetivo da ação é aproximar pessoas, que podem pegar composto (o que pode incentivar a prática de compostagem em suas residências, e inclusive a manutenção de hortas orgânicas, como instrumentos de educação ambiental) e também demonstrar interesse pelo projeto.

Nesse momento, serão também levantados professores do campus responsáveis por disciplinas relacionadas a meio ambiente e resíduos sólidos, com os quais se prevê um diálogo no sentido de disponibilizar a área do projeto para aulas teóricas e/ou práticas.

#### **4.2.12. Preparação e realização de Oficina sobre compostagem**

Nos dois últimos meses de realização do projeto, haverá, por parte dos estagiários, a preparação de oficina de compostagem no pátio de realização das atividades (programada para o final do 11o mês). Para realização do evento, serão buscadas parcerias com projetos e coletivos atuantes na área, como o projeto de extensão “Formação de recursos humanos em educação ambiental e compostagem no campus da USP de São Carlos”, do USP Recicla, que mantém como um dos principais objetivos a realização de oficinas de compostagem em ambiente universitário. Outra possível parceria para o evento é com o Veracidade, associação sem fins lucrativos de São Carlos que tem como objetivo fomentar projetos socioambientais em ambiente urbano, e, dentre outras frentes de trabalho, está atualmente envolvida em projetos de compostagem urbana em larga escala.

Os principais objetivos do espaço são a difusão da técnica da compostagem, os resultados obtidos após quase um ano de realização do projeto, e o diálogo e troca de experiências entre grupos

convidados e o público em geral. A divulgação será direcionada à comunidade USP (alunos, professores, funcionários) e comunidade do entorno.

#### **4.2.13. Avaliação do processo de compostagem desenvolvido**

Utilizando-se da avaliação parcial do projeto e ponderando as metodologias utilizadas e os resultados obtidos, será feita a avaliação do processo de compostagem desenvolvido ao longo dos doze meses, culminando em propostas de melhorias e ações para projetos semelhantes. Propostas de como pode-se dar a continuidade do projeto também serão tecidas.

#### **4.2.14. Divulgação dos resultados**

A divulgação dos resultados será feita por dois meios prioritários:

- Cartilhas sobre compostagem: a cartilha tem como objetivo a compilação de resultados obtidos no projeto, no sentido de caracterizar procedimentos para implantação de compostagem em larga escala (escolas, restaurantes, empresas) e também em pequena escala (residências), além da contextualização com exigências legislativas. Sua distribuição será prioritária em locais com potencial para desenvolvimento de compostagem em larga escala (como escolas, restaurantes, universidades), como foi previsto pelo presente projeto, de modo que o material produzido também será disponibilizado por meios digitais.
- Relatório a ser enviado à Superintendência de Gestão Ambiental da USP, que também será impresso e cópias serão deixadas na sede do USP Recicla de São Carlos e nas bibliotecas da EESC, ICMC, IQSC e IFSC.

### **5 RESULTADOS ESPERADOS**

O presente projeto tem como resultados esperados:

1. Produção de conhecimento teórico e empírico sobre o processo de compostagem e a gestão de resíduos orgânicos. Esse conhecimento será primeiramente acumulado pelos estagiários e depois será repassado para a comunidade USP em geral por meio da divulgação dos resultados;

2. Elaboração de Cartilha sobre a técnica de compostagem, a qual terá como conteúdo uma introdução sobre o assunto, contextualização com as legislações estadual e federal, procedimentos para implementação da compostagem em residências (pequenos geradores) e em restaurantes (médios geradores), bem como compilação das experiências do projeto através da análise dos dados e conclusões;

3. Conscientização da comunidade USP e comunidade do entorno sobre a importância e aplicabilidade da compostagem, por meio de ações de educação ambiental;





## 7 ORÇAMENTO

DESCRIÇÃO	QNTD	UNIDADE	VALOR UNITÁRIO (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)
<b>Equipamentos</b>				
Triturador	1	unid	3500	3.500
Mangueira	50	m	3	150
Soprador	1	unid	600	600
Fiação	200	m	1	200
Pá	5	unid	17	85
Enxada	5	unid	25	125
Barril	2	unid	40	80
Tela de mosquiteiro (30 m²)	3	unid	10	30
Timer	10	unid	10	100
Carro coletor gari	2	unid	195	390
Carro plataforma	1	unid	625	625
corda	15	m	5	75
roldanas	15	unid	25	375
lixa	20	unid	0,3	6
pincel	5	unid	6	30
verniz	4	latas	25	100
Aspersores	4	unid	30	120
			<b>TOTAL</b>	<b>7131</b>
<b>Aeração</b>				
Tubo aeração 20MM	80	m	1,9	152
TE 20MM	40	unid	0,8	32
Encaixe soprador (adaptador)	20	unid	0,5	10
			<b>TOTAL</b>	<b>194</b>
<b>Estrutura</b>				
Tesouras desenhadas para vão de 6m	9	unid	150	1.350
Pilares (altura 2,80m, pinus, d = 10-15 cm)	24	unid	30	720
Cimento	10	sacos	25	250
Armação (terça)	24	unid	15	360
Contravento	48	unid	10	480
Areia (preço 20 kg)	10	sacos	4	40
Pedra (preço 20 kg de Brita)	10	sacos	4	40
Materiais de fixação (parafusos, arruelas, grampos, etc)	200	unid	2	400
Cobertura: telhas de material reciclado	200	unid	10	2.000
Tela de alambrado	200	m	7,3	1460
			<b>TOTAL</b>	<b>7.100</b>
<b>comunicação</b>				
Cartilha de compostagem	100	unid	5	500
panfleto compostagem	100	unid	1	100
Placa de identificação do pátio	1	unid	50	50
			<b>TOTAL</b>	<b>650</b>
<b>Monitoramento da compostagem</b>				
MicroSD	2	unid	59	118
WIRELESS (Xbee)	1	-	219	219
ETHERNET (vem com microSD)	1	-	155	155
Sensor temperatura leira	7	unid	39	273
Sensor umidade leira	7	unid	40	280
Sensor umidade e temperatura do ar	3	unid	25	75

Detector de metano	5	unid	20	100
Arduino Mega 2560 R3	1	unid	179	179
			<b>TOTAL</b>	<b>1.399</b>
<b>Assessoria técnica e manutenção das leiras</b>				
Reserva financeira para contratação de serviços para eventuais consertos dos equipamentos		-	-	1.500
Contratação de dois pedreiros para construção Pátio de Compostagem	1	-	534	1068
Contratação de Mestre de obras para construção do Pátio de compostagem	2	-	1735	1735
Bolsa Estagiário Estudante	2	-	900	21600
Bolsa Extensão Estudante	1	-	450	5400
<b>Gastos totais durante os 12 meses de projeto</b>				<b>47.777</b>

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARREIRA, L. P.; PHILIPPI JUNIOR, A.; RODRIGUES, M. S. Usinas de compostagem do Estado de São Paulo: qualidade dos compostos e processos de produção. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, vol.11, nº 4, p.385-393, out/dez, 2006.

BELLO, P.P.G. **Estudo da variação da porcentagem e da estimativa de geração de gás metano para o aterro sanitário do município de Rio Claro – SP**. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Ambiental) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro, Rio Claro. 2010.

BRASIL. Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 3 de agosto de 2010.

CEMPRE - Compromisso Empresarial para Reciclagem. O que fazer com os resíduos orgânicos?. **CEMPRE Informa**, nº121, jan-fev de 2012. Disponível em: <[http://www.cempre.org.br/ci\\_2012-0102\\_reciclando.php](http://www.cempre.org.br/ci_2012-0102_reciclando.php)>. Acesso em: 08/05/2013.

KIEHL, E.J. Manual de Compostagem: Maturação e Qualidade do Composto. 4ª ed. Piracicaba, SP. 173 p., 2004.

SÃO PAULO. Lei n.12.300, de 16 de março de 2006. **Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos e define princípios e diretrizes**. Disponível em: <<http://www.legislação.sp.gov.br/legislação/index.htm>>. Acesso em: 08/05/2013.

SILVA, C.; ANDREOLI, C. **Compostagem como alternativa a disposição final dos resíduos sólidos gerados na CEASA Curitiba / PR**. Espírito Santo do Pinhal, v. 7, n. 2, abr. /jun. 2010.

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. 182 f. Tese (Doutorado – Programa de Pós Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2008

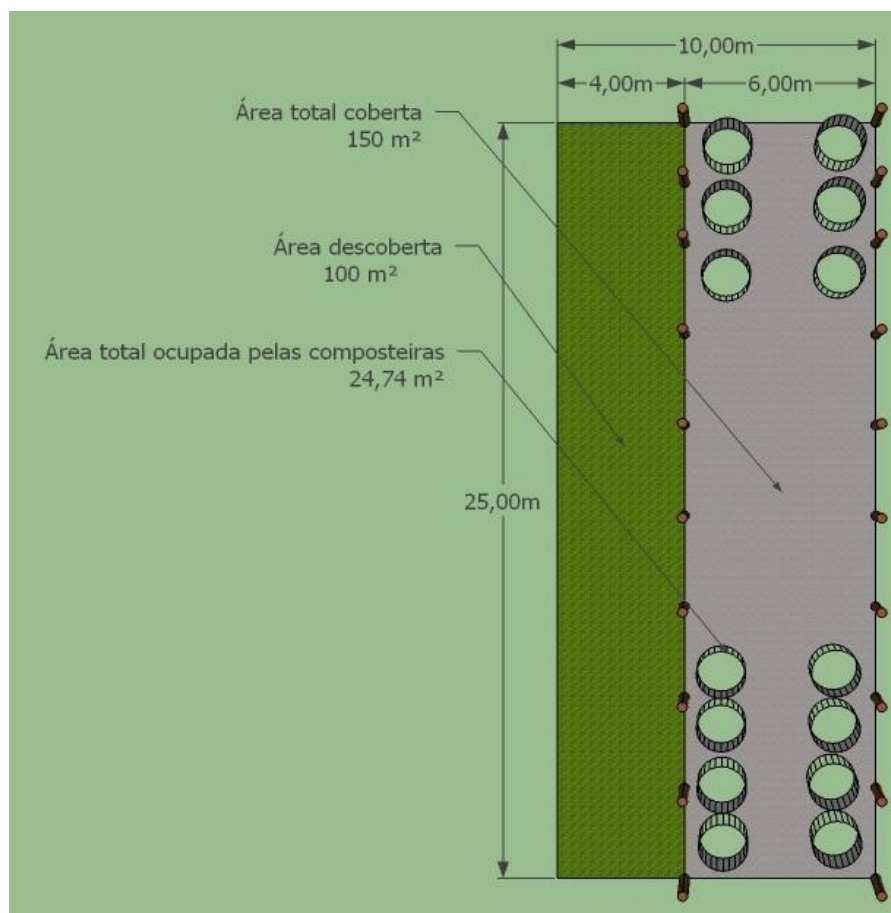
PROSAB. Manual prático para a compostagem de biossólidos. UEL - Universidade Estadual de Londrina, 91 p, 1999. Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/prosab/livros/Livro%20Compostagem.pdf>>. Acesso em 22/06/2013.

TEIXEIRA, L. B. et al. **Processo de compostagem a partir de lixo orgânico urbano em leira estática com ventilação natural**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, Embrapa Amazônia Oriental. Circular técnica, Belém, n. 33, 2004.

MEIRA, A.M. et al. **Manual básico de compostagem**. Piracicaba, SP - Série: Conhecendo os resíduos, USP Recicla, 2003.

FERNANDES, F. et al, **Manual prático para compostagem de biossólidos**, Londrina, PR - Programa de Pesquisa em Saneamento Básico, UEL, 1999.

## ANEXOS



Esquema do pátio de compostagem vista superior.



Vista em 3D do pátio de compostagem.