

# ANÁLISE DA VIABILIDADE DE COMPOSTAGEM DOS RESÍDUOS SÓLIDOS PROVENIENTES DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES EM INDÚSTRIA DE ALIMENTOS



OLAM – Ciência & Tecnologia, Rio Claro, SP, Brasil – ISSN: 1982-7784 – está licenciada sob [Licença Creative Commons](#)

Marcelo De Julio [1]  
Maycoln Primo [2]

## INTRODUÇÃO

Desenvolvimento sustentável significa atender às necessidades da geração atual sem comprometer o direito das futuras gerações atenderem às suas próprias necessidades (VALLE, 1995). Tendo esta idéia como paradigma, as indústrias vêm buscando técnicas e tecnologias que minimizem o impacto da utilização dos recursos naturais durante seus processos produtivos, esforçando-se também para que seja cada vez menor o volume de resíduos a ser destinado para aterros sanitários.

Durante o processo produtivo são gerados resíduos sólidos e efluentes líquidos. Estes, por sua vez, se forem despejados com os seus poluentes característicos causariam a alteração da qualidade nos corpos receptores e, conseqüentemente, a poluição, a degradação (ANDREOLI, 2001a). Para evitar que esta poluição atinja os corpos hídricos é necessária a utilização de técnicas para tratamento destes resíduos, o que na maioria das vezes implica em altos custos operacionais.

O tratamento dos efluentes industriais não se encerra com o advento da estação de tratamento de efluentes (ETE). Sua atividade também gera excedentes

sólidos, denominados lodos, que devem ser gerenciados até sua correta destinação (GIORDANO, 1999). Durante o projeto das estações de tratamento de efluentes é comum os responsáveis pelo projeto não contemplar o tratamento do lodo excedente. Como alternativa, acaba-se optando pela terceirização da coleta e tratamento destes resíduos sólidos, o que acaba tendo um alto custo. No entanto, com este trabalho será proposta uma forma mais adequada de tratamento e disposição final, promovendo uma redução significativa dos custos operacionais e ao mesmo tempo gerando benefícios ambientais e contribuindo para diminuição de resíduos dispostos em aterros.

Optou-se pelo estudo da compostagem por tratar-se de um sistema antigo e simples para implantação. Soma-se a isto o fato de que seu produto final, o composto, poderá ser aproveitado dentro da própria empresa (melhorando o solo do reflorestamento de eucaliptos utilizado para geração de combustível para a caldeira de biomassa) ou comercializado, podendo gerar renda para subsídio dos custos fixos do processo. Com isto pretende-se agregar valor ao que até o presente momento é encarado como resíduo a ser disposto, configurando-se em um assunto de grande relevância na temática de valoração ambiental.

Todo recurso ambiental tem um valor intrínseco que reflete os direitos de existência e interesse por espécies e recursos naturais como água, solo, ar, dentre outros (MATTOS, 2006). Do ponto de vista econômico, o valor relevante de um determinado recurso ambiental é aquele importante para a tomada de decisão, ou seja, é a contribuição do recurso para o bem-estar social (ORTIZ, 2003). O valor econômico dos recursos ambientais é derivado de seus atributos, que podem ou não estar associados ao seu uso. Conforme Ortiz (2003), o valor econômico total (VET) de um recurso ambiental é a soma dos valores de uso (VU) – direto (VUD), indireto (VUI) e de opção (VUO) – e dos valores de não-uso – de existência (VE). O que é representado pela Equação 1:

$$\text{VET} = \text{VU} (\text{VUD} + \text{VUI} + \text{VUO}) + \text{VE} \quad (1)$$

No caso dos recursos hídricos, um exemplo do valor de uso direto seria a exploração do curso d'água para os processos industriais, sendo que quanto melhor a qualidade da água no manancial, menor seria este custo. Já o valor de uso indireto seriam os serviços ambientais prestados pelo sistema de tratamento de efluentes líquidos e resíduos sólidos, como a proteção dos cursos d'água, solo, dentre outros. Os valores de opção seriam a disposição a pagar de um indivíduo pelo recurso para um uso futuro dos bens e serviços do curso d'água, por exemplo, sejam eles diretos ou indiretos. O valor de existência seria a disposição a pagar de um indivíduo pela não poluição do curso d'água, mesmo que este indivíduo não tenha a intenção de conhecer o curso d'água ou praticar atividades recreacionais, pesca ou até mesmo vir a consumir esta água.

Assim, este trabalho visa contribuir com o tratamento dos efluentes e, principalmente, dos resíduos sólidos gerados por uma indústria de alimentos, tendo aplicabilidade em diferentes parcelas que compõem o VET.

## **OBJETIVO**

O objetivo principal desta pesquisa foi investigar o potencial de compostagem dos resíduos sólidos gerados em uma indústria de alimentos do município de Ponta Grossa/PR, incluindo o lodo da estação de tratamento de efluentes, e assim possibilitar a análise de viabilidade da implantação de um processo próprio de compostagem visando agregar valor ao que até então era assumido como resíduo.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O estudo foi realizado em uma empresa de alimentos de grande porte situada no município de Ponta Grossa, estado do Paraná (PR), cujos principais produtos são: pizzas, massas, pratos prontos congelados, tortas salgadas e doces. A

produção é de 3.000 ton/mês em média e atende os mercados internos e exportação para MERCOSUL, Oriente Médio e Ásia.

O abastecimento de água é exclusivamente proveniente de poços artesianos e o consumo mensal é de 18.200 m<sup>3</sup>. O volume consumido é variável conforme o volume de produção, na razão de 8,5 m<sup>3</sup> por tonelada de produto produzido.

Para as operações de cozimento, tratamento térmico e aquecimento utilizam-se vapor d'água, gerado em uma caldeira de biomassa. A caldeira tem capacidade geradora de 15 toneladas de vapor por hora. O consumo mensal de vapor é de 2.800 toneladas em média.

O combustível utilizado na caldeira vem da geração de biomassa proveniente de um reflorestamento de eucaliptos de 85 ha localizado na própria empresa. As árvores de eucalipto são extraídas e transformadas em cavaco por um processo de moagem utilizando um picador de madeira.

Os efluentes gerados na higienização e nos processos de fabricação são canalizados e tratados em uma Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) localizada na própria empresa com capacidade para 40m<sup>3</sup>/h.

O processo utilizado para tratamento dos efluentes é o de lodos ativados, modalidade aeração prolongada, com fluxograma ilustrado na Figura 1.

A caracterização do efluente bruto é a seguinte: demanda química de oxigênio (DQO) = 2.250 mg/L; demanda bioquímica de oxigênio (DBO) = 428 mg/L; pH = 5,07; óleos e graxas = 28 mg/L; Sólidos suspensos totais = 410 mg/L. Parâmetros de saída, ou seja, efluente tratado: DQO = 40 mg/L; DBO = 18 mg/L; óleos e graxas = 5 mg/L; pH = 7,6; sólidos suspensos totais 18 mg/L; e coliformes totais < 2 NMP/100mL.

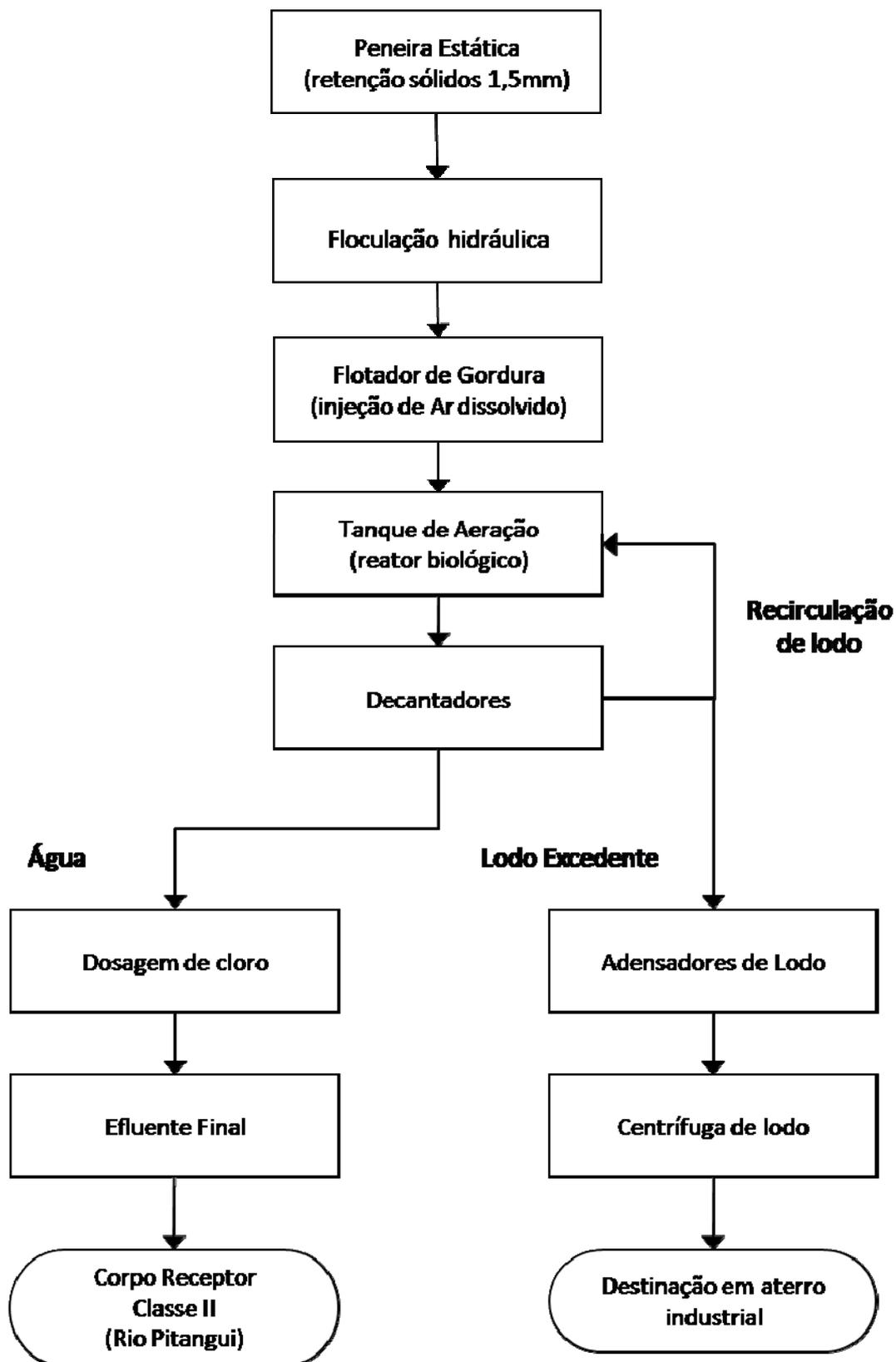


Figura 1 – Fluxograma atual do processo de tratamento de efluentes. Elaborado pelos autores.

Para a execução da instalação piloto, optou-se pelo sistema de leiras revolvidas que requerem baixo investimento inicial. Construiu-se no dia 12/12/2008 uma estrutura em madeira com 2,4 m de comprimento 1,6 m de largura e 1,5 m de altura coberta com lona para acondicionar o experimento (conforme Figura 2). Dentro desta estrutura foi montada uma leira com 2,3 m de comprimento, 1,5 m de largura e 0,6 m de altura.



Figura 2 - Foto da unidade piloto de compostagem (vista lateral). Elaborada pelos autores.

Para composição da leira foram utilizados os resíduos gerados pela empresa que poderiam ser estabilizados pelo processo de compostagem: lodo proveniente da estação de tratamento de efluentes – processo aeróbio (lodos ativados por aeração prolongada, ou seja, lodo estabilizado); resíduos de poda e jardinagem; cinzas da caldeira de biomassa; resíduos da peneira da ETE; e resíduos do refeitório. Por se

tratar de indústria de alimentos os resíduos retidos na peneira possuem composição semelhante aos resíduos do refeitório.

Para composição da leira foram utilizados os dados de geração de resíduo da empresa, definindo-se a quantidade de cada resíduo com base na proporção em massa dos resíduos sólidos gerados na empresa, como apresentado na Figura 3.

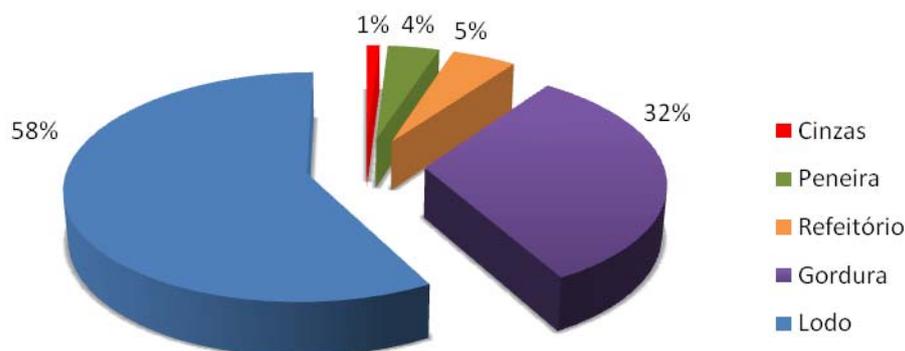


Figura 3 - Percentual de resíduos sólidos gerados pela empresa (em massa).  
Elaborada pelos autores.

Para montagem da leira piloto foi retirada a massa de gordura correspondente a 32% do resíduo gerado, pois durante a execução do projeto foi identificado um potencial de aproveitamento deste resíduo como combustível misturando à biomassa (cavacos da madeira de reflorestamento próprio e interno) utilizada na caldeira.

Foram adicionados resíduos de poda e capina como substrato e estruturante na proporção de 30% em massa. Obteve-se, então, o total em massa de 39% de matéria orgânica sendo: 9% de resíduos provenientes da peneira estática misturados com resíduos de sobras de refeitório sendo composto de 5% de refeitório e 4% da peneira correspondendo a, respectivamente, 7,5 kg e 6 kg somando 13,5 kg

em massa; 60% de lodo aeróbio proveniente da estação de tratamento de efluentes; e 1% de cinzas de biomassa provenientes da queima de combustível na caldeira. A Tabela 1 apresenta a composição da leira.

Tabela 1 – Composição da leira piloto.

<b>Componentes da leira</b>	<b>Massa (kg)</b>	<b>Percentual (%)</b>
Lodo da estação	90	60
Resíduo refeitório+peneira	13,5	9
Resíduo poda e capina	45	30
Cinzas da caldeira	1,5	1

Elaborada pelos autores.

Foram somados os resíduos da peneira e do refeitório por se tratar de uma indústria de alimentos sendo o resíduo do gradeamento de composição similar ao do refeitório.

Para caracterização dos resíduos a serem utilizados, amostras foram enviadas para análise em laboratório terceirizado a fim de se identificar a presença de metais pesados, sendo analisados os seguintes: As, Ba, Pb, Cu, Cr, Hg, Se e Zn.

Definiu-se que a leira seria revolvida manualmente três vezes ao dia (um em cada turno da ETE), com monitoramento da temperatura, pH e umidade. A temperatura foi medida utilizando-se termômetro de mercúrio com haste em vários pontos das leiras, calculando-se a média das temperaturas.

Para definição da profundidade da medição utilizou-se como parâmetro as referências indicadas por Fernandes e Pereira (1999) que orienta a retirada da temperatura a aproximadamente 40 cm de profundidade para uma leira de 1,5 metros. Considerando que a leira piloto construída tinha 60 cm de altura, definiu-se a medida proporcional de 16 cm de profundidade.

Para a medição do pH da instalação piloto de compostagem foi utilizado o método de diluição: tomou-se uma amostra de 50 gramas de composto para diluição em 20 mL de água, com medição via pHmetro digital marca *Denver Instruments* modelo *up 25*, calibrado no dia 31/01/2009, sob o certificado número 06151/2009.

Para medição de umidade utilizou-se um método empírico onde se pegava uma porção do composto e pressionava-se com as mãos; se da amostra escorresse água com aspecto de encharcado havia excesso de umidade.

Foram coletadas amostras do composto no dia 11/03/2009 para caracterização em relação à presença de ovos de helmintos viáveis, coliformes termotolerantes, *Salmonella Spp*, relação C/N (carbono/nitrogênio) e teor de umidade.

No dia 27/04/2009 foram coletadas amostras adicionais para análises de chumbo, cádmio, fenóis e cloretos. Estas análises adicionais foram realizadas por terem sido detectadas pequenas concentrações destes contaminantes nos resíduos que foram compostados e, no caso do cádmio, por este ter um valor bem restritivo (conforme será visto posteriormente), e também para se trabalhar à favor da segurança (dados de cloretos e fenóis não apresentados e que constam da monografia defendida junto ao Curso de Gestão Ambiental da UEPG). (PRIMO, 2009).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Conforme citado no item Material e Métodos, foram enviadas amostras dos resíduos a serem utilizados na compostagem para caracterização em laboratório terceirizado, a fim de identificar as quantidades de metais presentes nos materiais a serem compostados, obtendo-se os valores apresentados na Tabela 2.

Utilizando-se os dados de referência apontados pela Resolução CONAMA 375 (BRASIL, 2006), observou-se baixas concentrações de metais pesados na caracterização dos resíduos. Optou-se por monitorar somente o teor de chumbo, que dentre os metais presentes na caracterização foi o que apresentou maior concentração e o teor de cádmio por ser o mais restritivo segundo Instrução Normativa SDA nº 27 de 2006 (BRASIL, 2006).

Tabela 2 – Concentração de contaminantes nas amostras de resíduos a serem compostados.

Origem	Contaminantes (mg/L)								
	As	Ba	Cd	Pb	Cu	Cr	Hg	Se	Zn
Peneira estática	<0,01	<0,5	<0,005	0,21	<0,02	<0,02	<0,001	<0,01	0,37
Cinzas	<0,01	<0,5	<0,02	0,23	0,72	<0,02	<0,001	<0,01	0,09
Lodo	<0,01	<0,5	<0,005	0,23	<0,02	<0,02	<0,001	<0,01	0,05

Fonte: Laboratório ENVLAB (2009).

Nos primeiros dias da unidade piloto, com o início do revolvimento no dia 12 de dezembro de 2008, observou-se a elevação da temperatura e pH, conforme observado nas Figuras 4 e 5. Com o passar dos primeiros dias a temperatura subiu ainda mais, caracterizando o início da fase termofílica, conforme observado do 4º ao 7º dia, com a temperatura oscilando entre 55° e 45°C, atendendo, portanto recomendação da resolução do CONAMA 375/2006 (BRASIL, 2006), (anexo I) para um composto classe B (sendo suficiente para a aplicação desejada que é como corretivo de solo para reflorestamento de eucalipto). Neste período notou-se perda de umidade devido à evaporação da água, situação que foi corrigida com a adição de um pouco de água (líquido do tanque de aeração).

De acordo com Tsutiya et al. (2002), o Helminto mais resistente – *ascaris lumbricoides* – precisa ser exposto por um tempo mínimo de 60 min a uma temperatura de 55 °C. No trabalho em questão esta temperatura foi alcançada

uniformemente devido ao revolvimento de toda massa a cada 8 horas, assegurando a inativação dos microrganismos patogênicos, por ventura, presentes no composto.

Até o 10º dia a temperatura manteve-se acima de 40°C e o pH acima de 8,0. Entre o 10º e 16º dia a temperatura esteve entre 40 a 35°C e o valor de pH se estabilizou em torno de 7,4. Os dados expostos podem ser verificados observando-se os gráficos apresentados nas Figuras 4 e 5.

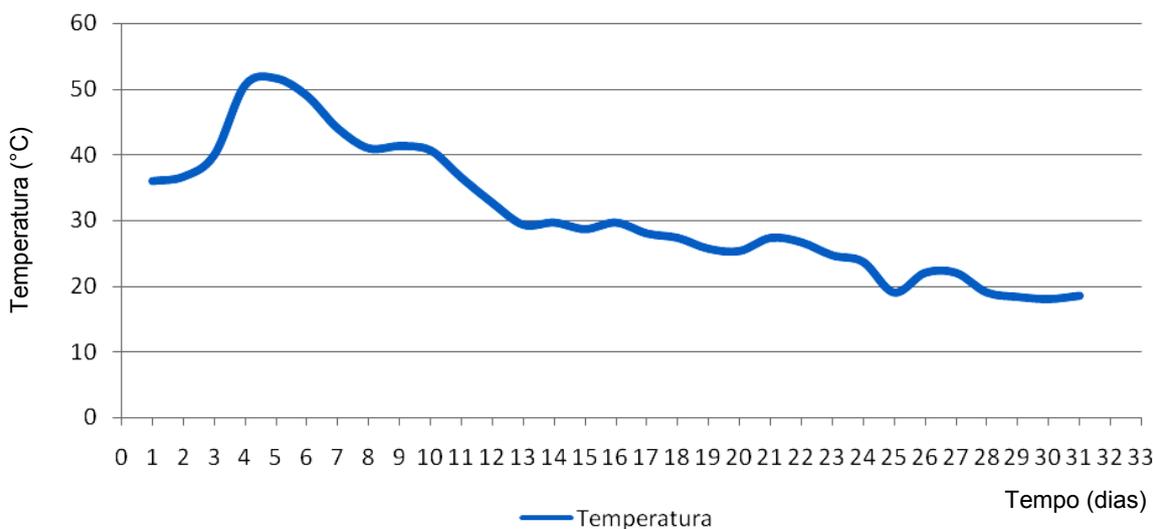


Figura 4 - Gráfico de acompanhamento de temperatura (°C). Elaborado pelos autores.

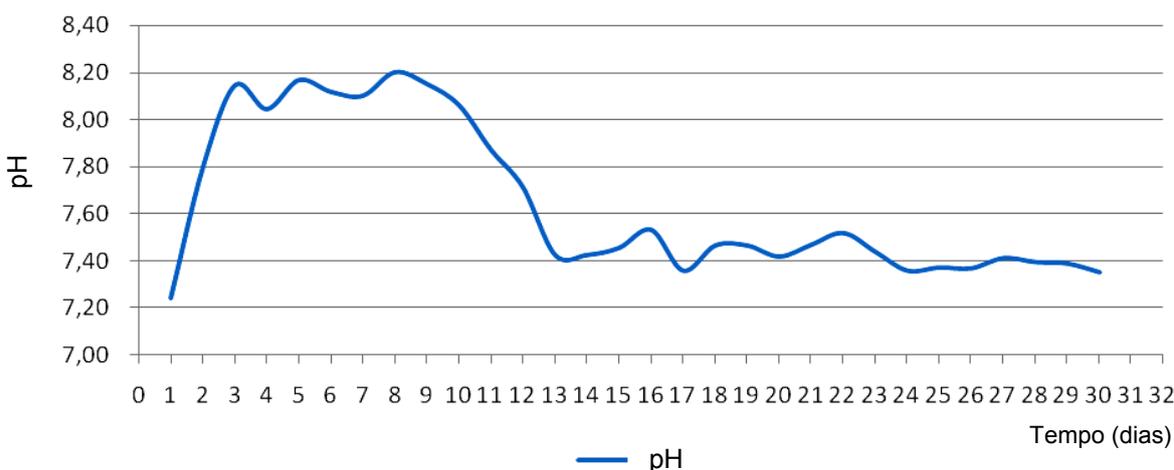


Figura 5 - Gráfico de acompanhamento de pH. Elaborado pelos autores.

Como se pode constatar na avaliação dos gráficos e nos dados coletados, a fase de bioestabilização foi do 1º até o 32º dia; após este período não houve variação de pH e temperatura, que acompanhou a temperatura ambiente (fase criófila). Devido a este fato foram representados nos gráficos somente o período relatado onde ocorreram todas as variações relevantes destes dois parâmetros.

Como se pode observar na Figura 5, o pH se estabilizou em torno de 7,4, atendendo ao valor mínimo recomendado na Instrução Normativa SDA nº 23 de 2005 (BRASIL, 2005) que é 6,0.

Baseado no comportamento da temperatura e na literatura especializada consultada (KIEHL, 1998; FERNANDES; PEREIRA, 1999; FERREIRA et al., 1999; CORRÊA; CORRÊA, 2001; ANDREOLI et al., 2001b; TSUTIYA et al., 2002; TORRES et al., 2007), pôde-se concluir que a partir do 32º dia iniciou-se a fase de humificação. O composto apresentou uma rápida evolução dentro do processo de compostagem atribuindo-se a isto à boa aeração e à característica do material ser propício à compostagem (resíduo de indústria de alimentos). A Figura 6 traz uma foto do composto que estaria pronto para aplicação no solo na área de reflorestamento.



Figura 6 – Foto do composto. Elaborada pelos autores.

A Tabela 3 mostra alguns dos resultados obtidos.

Tabela 3 – Parâmetros de qualidade no composto final.

Parâmetros	Valores Base seca	Valores base úmida
Nitrogênio Total	3,78 g/100g	1,32 g/100g
Carbono Orgânico Total	46,87 g/100g	16,72 g/100g
Teor de Umidade	-----	35,68%

Elaborada pelos autores.

Conforme Tabela 3 conseguiu-se uma relação C/N no composto final igual a 12 (atendendo à Instrução Normativa SDA nº 23 de 2005, que recomenda que esta relação seja  $\leq 18$ ), considerado produto compostado ou humificado, segundo Pereira Neto (1996), o qual menciona que esta relação deve estar em torno de 10/1. A umidade ficou em torno de 36% no composto final atendendo teores recomendados (umidade máxima de 50%) na Instrução Normativa SDA nº 23 de 2005 (BRASIL, 2005).

Tabela 2 - Resultados microbiológicos encontrados no composto final.

Agente patológico	Resultado	Valor Max. CONAMA 375/2006 Classe A
Ovos de Helminetos	0 ovo/g de ST*	0,25 ovo/g de ST
Salmonella Spp	Ausente em 10 g de MS**	Ausência em 10g de MS
Colifomes		
Termotolerantes	$9 \times 10^4$ NMP***g de ST	$1 \times 10^3$ NMP/g de ST

\*ST: Sólidos totais; \*\*MS: Matéria seca; NMP: Número mais provável.

Elaborada pelos autores.

De acordo com a Tabela 4 todos os parâmetros microbiológicos ficaram dentro dos padrões permitidos pela resolução CONAMA 375/2006. Somente os coliformes termotolerantes atingiram teor superior ao permitido para a classe A, porém ficando dentro do permitido para a classe B desta resolução ( $\leq 10^6$  NMP/g de ST). Como o composto será utilizado para reflorestamento de eucalipto dentro dos

limites da empresa, área restrita, com acesso controlado de pessoas com obrigatoriedade de uso de EPI (equipamento de proteção individual) não existe problema na utilização de um composto Classe B, conforme inclusive previsto pela resolução CONAMA 375/2006.

Alguns fatores podem ser atribuídos para o composto não ter atingido a classe A da resolução CONAMA 375/2006:

- Temperatura não permaneceu por um tempo suficiente a altas temperaturas devido ao excesso de revolvimentos, pois a leira foi revolvida três vezes ao dia em intervalos de 8 horas. O comportamento das temperaturas pode ser observado na Figura 4;
- Montagem da leira piloto muito próxima ao tanque de aeração. No processo de tratamento em questão, o fornecimento de ar se dá por meio de aeradores superficiais provocando suspensão de aerossóis. Pode-se observar a posição da leira montada na foto da Figura 2;
- Utilização do líquido do tanque de aeração para correção da umidade da leira;
- Altura da leira inferior a 1,5 m, conforme recomendado pela literatura especializada já referenciada no trabalho.

Mesmo com os fatores citados anteriormente, ainda obteve-se valores de coliformes muito próximos ao permitido para classificação de um composto classe A. Na montagem do projeto em escala real é possível corrigir os problemas citados tendo grande possibilidade de conseguir-se um corretivo de solo classe A neste processo de compostagem.

Conforme visto no item Material e Métodos foram realizadas apenas as análises para determinação dos teores de chumbo, cádmio, cloretos e fenóis presentes no composto final. Conforme análise de caracterização inicial feita nos resíduos a serem compostados (ver Tabela 2) o chumbo foi o contaminante que apresentou valores mais elevados em relação aos demais no lodo da ETE (o qual foi usado em maior proporção). A concentração de fenóis e, principalmente, cloretos também chamaram a atenção na caracterização inicial (dados não apresentados) e

foram efetuadas análises adicionais para verificação no composto final. Optou-se pela análise do teor de cádmio por possuir a maior restrição (conforme mencionado). Estes resultados estão apresentados nas Tabelas 5 e 6.

Tabela 3 - Teores de chumbo e cádmio no composto final.

<b>Substância</b>	<b>Resultado</b>	<b>Valor Max. CONAMA 375/2006</b>	<b>Valor Max. SDA Nº 27/2006</b>
<b>Chumbo</b>	1,306 mg/Kg	300 mg/Kg	150 mg/Kg
<b>Cádmio</b>	<0,02 mg/Kg	39 mg/Kg	3 mg/Kg

Elaborada pelos autores.

Com base nos resultados apresentados na Tabela 5 observa-se que o composto atendeu os requisitos da resolução CONAMA 375 (BRASIL, 2006) e da Instrução Normativa SDA nº 27 de 2006 (BRASIL, 2006) nas substâncias mais críticas definidas para este composto.

Tabela 4 - Teores de cloretos e fenóis no composto final.

<b>Substância</b>	<b>Resultado (mg/Kg)</b>	<b>Valor Max CONAMA 375/2006</b>	<b>Valor Max IN SDA Nº 27/2006</b>
Cloretos	916,0	Nada consta	Nada consta
Fenóis	0,234	Nada consta	Nada consta

Elaborada pelos autores.

Não existem parâmetros fixados na legislação brasileira a respeito da limitação da concentração de cloretos e fenóis em compostos utilizados como corretivos de solo. A contaminação de águas usadas para consumo humano por fenol pode levar ao incremento da incidência de distúrbios gastrointestinais (RICHARDSON; GANGOLLI, 1992). As concentrações encontradas no composto final do experimento (ver Tabela 6) não oferecem risco devido a aplicação no solo

ser em local restrito longe de qualquer possibilidade de contaminação águas para consumo humano e culturas para alimentação.

### **Análise da viabilidade**

A destinação correta dos resíduos é uma constante preocupação da empresa, que tem certificações pela ISO 14.000.

Atualmente a disposição final dos resíduos sólidos gerados na indústria é terceirizada, os quais são enviados para aterro industrial localizado em Santa Catarina. Este modelo apresenta dois pontos críticos: o risco do transporte deste material, que implica em possibilidades de contaminação (acidentes, vazamentos, dentre outros); e os custos financeiros que são bastante elevados. No ano de 2008 o valor investido em destinação e tratamento somente dos resíduos sólidos alcançou a ordem de R\$ 416.000,00/ano, distribuídos proporcionalmente conforme gráfico da Figura 7.

**Custos com destinação e tratamento de resíduos**

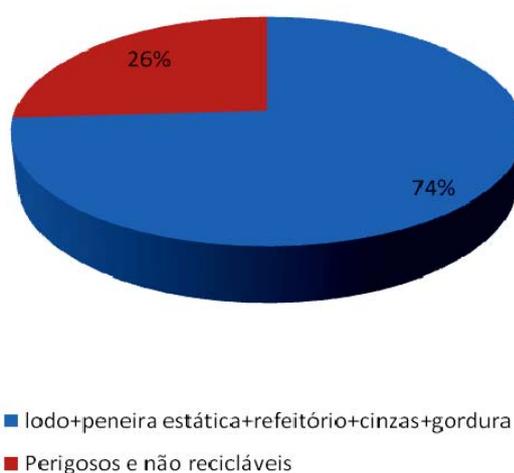


Figura 7 - Porcentagem de custos com destinação de resíduos sólidos pela indústria em questão. Elaborada pelos autores.

Analisando o gráfico da Figura 7, constata-se que 74% dos gastos envolvem a destinação e tratamento de materiais que poderiam ser tratados por meio do processo de compostagem e depositados no solo de reflorestamento de Eucalipto existente na própria unidade (além da gordura que passou a ser incorporada aos cavacos para alimentar a caldeira), apresentando, portanto, grande potencial de geração de economia. Os 26% restantes, chamados de resíduos perigosos e não recicláveis, são compostos de resíduos de tintas e solventes provenientes das impressoras que datam a validade e lote dos produtos, componentes eletrônicos substituídos das máquinas e encaminhados pelo pessoal de manutenção, entre outros menos significativos.

Para avaliar a viabilidade de implantação de um projeto, a empresa analisa o tempo de retorno do investimento, considerando como um investimento viável aquele que apresenta tempo de retorno financeiro de 100% do investido em período de tempo inferior a 12 meses.

Considerando os investimentos atuais com tratamento e destinação de resíduos, o projeto de compostagem próprio poderá ser viável desde que a soma dos custos de implantação mais os custos fixos posteriores anuais (operacional, transporte) tenha total inferior a R\$ 307.870,00 (74% de R\$ 416.000,00). Em estimativa inicial, a construção de um barracão coberto (aberto nas laterais), com impermeabilização em sua base, com tanque para escoamento e armazenamento de chorume (para posteriormente ser enviado à ETE por caminhão tanque já existente) e locação de uma máquina (pequena retroescavadeira) com operador (para transporte e revolvimento), foram orçados em R\$ 150.000,00/ano. Além disto, o investimento na construção do barracão (completo) seria realizado apenas no primeiro ano. A operação seria feita por funcionários já contratados responsáveis pela operação da ETE e a empresa possui área, sendo esta inclusive ao lado da área de reflorestamento.

Além do visível retorno financeiro, ter-se-á também a possibilidade de diminuição do tempo de corte das árvores do reflorestamento de eucaliptos (em função do composto ser empregado como condicionador de solos e adubo de baixo teor de nutrientes), além de se precisar de uma quantidade menor de cavacos em função da queima em conjunto com a gordura. Destacam-se também os benefícios ambientais, pois elimina o risco no transporte interestadual de resíduos, fechando o ciclo de geração de resíduo dentro da própria empresa (“do berço ao túmulo”). Fortalecendo com isto a imagem de empresa sustentável, por ser certificada nas normas ISO 14000, a qual prega pela melhoria contínua (ciclo PDCA – *Plan, Do, Check, Act*) de seus processos, podendo este projeto ser proposto como objetivos e metas para o ano. Outro benefício é a abertura de novos mercados, pois felizmente os consumidores estão cada vez mais sensibilizados pela questão ambiental. Principalmente no mercado externo produtos de empresas ambientalmente responsáveis são mais bem aceitos.

O presente trabalho demonstra que intervenções na área ambiental não representam necessariamente custos para uma indústria, que se bem planejadas e conduzidas na verdade representam investimento, com retorno não apenas ambiental e social, mas também econômico/financeiro de curto prazo. Isto revela que a valorização de resíduos pode se tornar um processo rentável para as empresas com visão de futuro.

Nogueira e Medeiros (1999) destacam que a conservação e preservação do meio ambiente muitas vezes são defendidas usando-se razões não-econômicas. Com este trabalho pretende-se colaborar com o fornecimento de argumentos econômicos (além dos ambientais) para o processo de convencimento para implantação do modelo de desenvolvimento sustentável.

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Em relação à viabilidade técnica-operacional, concluiu-se que é possível a implantação de uma unidade de compostagem própria tendo-se como base os resultados do composto obtido na unidade experimental: ausência de ovos de helmintos viáveis, ausência de salmonella, coliformes termotolerantes em  $9 \times 10^4$  NMP/g de ST (atingindo classe B da resolução CONAMA 375, 2006), teores de metais pesados bem abaixo dos teores permitidos pela legislação e a obtenção de uma relação C/N igual a 12 (humificado) após a efetividade do processo.

Quanto à viabilidade financeira, sabe-se que quanto menor o custo de implantação do projeto e custo fixo de operação, mais rápido será o seu retorno, aumentando as chances do projeto ser aprovado. Os investimentos financeiros para a implantação envolvem a construção da unidade de compostagem, que envolve matérias-prima e mão-de-obra. O custo fixo operacional terá valores reduzidos, considerando-se que o trabalho de revolvimento e operação das leiras será feito por funcionários já contratados, atuantes na estação de tratamento de efluentes.

Com este trabalho pretende-se implementar o gerenciamento integrado dos resíduos sólidos e líquidos gerados pela empresa, desde sua geração até sua disposição final, ou seja, do “berço ao túmulo”. Visando o aprimoramento contínuo dos processos de produção, a empresa tem como meta sempre aumentar sua ecoeficiência, visando à sustentabilidade econômica, ambiental e social, perseguindo a meta do “*Total Waste Management*” (TWM), a qual está alicerçada nos princípios da produção mais limpa, conceito dos 3Rs (Reduzir, Reutilizar e Reciclar) e o ciclo PDCA. Ao mesmo tempo buscou-se agregar valor ao que até então era assumido como resíduo pela empresa, atuando na área de valorização de resíduos agroindustriais.

O valor econômico ambiental é obtido pela aplicação de técnicas e métodos em que se estima um valor monetário para um recurso ambiental – bem ou serviço.

O grande desafio da valoração ambiental é justamente determinar quanto melhor ou pior estará o bem-estar das pessoas devido a mudanças na quantidade e qualidade dos recursos ambientais. Neste sentido, a função da valoração ambiental é captar estas distintas parcelas de valor econômico do recurso ambiental. Assim, o presente trabalho procurou contribuir com técnicas da engenharia sanitária e ambiental visando à valorização de resíduos agroindustriais, colaborando para o tema de valoração ambiental, no sentido de abordar algumas parcelas que compõem a VET.

Recomenda-se, portanto, para construção do projeto em escala real:

- Construção da leira em um local afastado do tanque de aeração, para evitar deposição de aerossóis;
- Redução do número de revolvimentos das leiras de 1 vez por turno para 1 vez por dia (ou menos);
- Não utilização de líquido do tanque de aeração para correção da umidade das leiras de compostagem;
- Ajustar a altura das leiras para 1,5 m de altura.

## REFERÊNCIAS

ANDREOLI, C. V. (Coord.). **Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final**. 1. ed. Curitiba: RiMa, ABES, 257p., 2001a.

ANDREOLI, C.V.; LARA, A.I.; FERNANDES, F. (Org.) **Reciclagem de biossólidos: transformando problemas em soluções**. 2ª ed. Curitiba: Sanepar, FINEP, 288p., 2001b.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Secretaria de Defesa Agropecuária (SDA). **Instrução Normativa Nº 23: Fertilizantes orgânicos**. Brasília: MAPA, 2005. Disponível em < <http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=20542> >. Acesso em 05 de Março de 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Secretaria de Defesa Agropecuária (SDA). **Instrução normativa Nº 27: Limites para contaminantes**. Brasília: MAPA, 2006. Disponível em < <http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=16951> >. Acesso em 05 de Março de 2009.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução CONAMA 375**, 2006. Disponível em < <http://www.mma.gov.br/port/conama> >. Acesso em 09 de Agosto de 2005.

CORRÊA, R.S.; CORRÊA, A.S. Valoração de bio-sólidos como fertilizantes e condicionadores de solos. **SANARE – Revista técnica da SANEPAR**, Curitiba, v. 16, n. 2, p.49-56, 2001.

FERNANDES, F.; PEREIRA, S.S. **Manual prático para compostagem de bio-sólidos**. Londrina: PROSAB. Universidade Estadual de Londrina. 1999.

FERREIRA, A. C.; ANDREOLI, C. V.; JÜGENSEN, D. Produção e características dos bio-sólidos. In: ANDREOLI, C. V. (coord.) **Uso e manejo do lodo e esgoto na agricultura**. 1 ed. Rio de Janeiro: PROSAB, cap. 1. p.16-25, 1999.

GIORDANO, G. Tratamento e controle de efluentes industriais. **Rio de Janeiro: Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente – UERJ**, 1999.

KIEHL, E. J. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. Piracicaba: Degaspari, 1998.

MATTOS, A. D. M. **Valoração ambiental de áreas de preservação permanente da microbacia do Ribeirão São Bartolomeu no município de Viçosa, MG**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006. 77 p.

NOGUEIRA, J. M.; MEDEIROS, M. A. A. Quanto vale aquilo que não tem valor? Valor de existência, economia e meio ambiente. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, Brasília, v.16, n.3, p.59-83, 1999.

ORTIZ, R.A. Valoração econômica ambiental. In: MAY, P.H.; LUSTOSA, M.C.; VINHA, V. **Economia do Meio Ambiente: teoria e prática**. Rio de Janeiro: Elsevier, pp 81-99, 2003.

PEREIRA NETO, J.T. **Manual de compostagem processo de baixo custo**. Belo Horizonte: UNICEF, 56p. 1996.

PRIMO, M. **Análise da viabilidade de compostagem própria dos resíduos sólidos provenientes da estação de tratamento de efluentes em indústria de alimentos**. Monografia (Curso de Especialização Ambiental) – Departamento de Engenharia Civil e Núcleo de Estudos em Meio Ambiente da Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa, 2009.

RICHARDSON, M.L.; GANGOLLI, S. The dictionary of substances and their effects. Vols. A-B e N-R. **Northamptonshire**: The Royal Society of Chemistry, 1992.

TORRES, P.; ESCOBAR, J.; PÉREZ, A.; IMERY, R.. URIBE, I. Compostaje de biossólidos de plantas de tratamento de águas residuales. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n.1; p. 267-275, jan./abr, 2007.

TSUTIYA, M.T.; COMPARINI, J.B.; ALEM SOBRINHO, P.; HESPANHOL, I.; CARVALHO, P.C.T.; MELFI, A.J.; MELO, W.J.; MARQUES, M.O. (Eds). **Biossólidos na agricultura**. 2ª ed., São Paulo: ABES/SP, 468p. 2002.

VALLE, C.E. **Como se preparar para as Normas ISO 14000 – Qualidade Ambiental**. O desafio de ser competitivo protegendo o Meio Ambiente. 2ed. São Paulo: Pioneira, 1995.

---

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao apoio recebido pela Indústria de Alimentos que gentilmente autorizou a realização da experiência e financiou as análises, e a toda equipe da área de gestão ambiental que os deu suporte.

---

## **RESUMO**

Com objetivo de analisar a viabilidade da compostagem dos resíduos orgânicos e do lodo excedente da estação de tratamento de efluentes (ETE) de uma indústria de alimentos, foi construída uma composteira piloto. Esta foi montada com resíduos gerados na empresa na seguinte composição: restos de refeitório 5% em massa (7,5 kg), resíduos provenientes da peneira estática da ETE 4% (6 kg), lodo excedente do tratamento biológico também da ETE 60% (90 kg), cinzas da caldeira de biomassa 1% (1,5 kg) e restos de poda e jardinagem como agente estruturante 30% (45 kg). Ao longo de 90 dias foram monitoradas a temperatura, pH e umidade para assegurar o correto procedimento. Após 32 dias constatou-se que o material compostado entrou em fase de maturação. Amostras foram enviadas para análise em laboratório externo para avaliação da presença de metais pesados, ovos de helmintos viáveis, salmonella e coliformes termotolerantes obtendo-se os valores dentro do permitido segundo resolução CONAMA 375 (2006) para composto classe B. Com os dados coletados verificou-se que é alta a viabilidade operacional, financeira e ambiental de realização do processo de compostagem interna do lodo excedente e resíduos sólidos gerados, obtendo-se um corretivo de solo para o reflorestamento de eucalipto existente na empresa e assegurando a correta destinação dos resíduos sólidos gerados pela indústria, desde o ponto de geração até sua destinação final, além de se agregar valor ao que até então era assumido como resíduo.

**Palavras-chave:** Compostagem. Viabilidade. Sustentabilidade Ambiental. Resíduos Sólidos. Tratamento de Efluentes Industriais. Lodo.

## ABSTRACT

With the objective to analyze the viability of composting organic waste and the excess sludge from a food industry wastewater treatment plant (WTP), it was built a composting pilot plant. This was fitted with waste generated in the company in the following composition: 5% of mass (7.5 kg) of refectory remains, 4% (6 kg) of residues from the static screen of the WTP, 60% (90 kg) of excess sludge from the biological treatment also of the WTP, 1% (1.5 kg) of biomass boiler ashes, and 30% (45 kg) of remains of pruning and gardening as structuring agent. Over 90 days temperature, pH and moisture were monitored to ensure the correct procedure. After 32 days it was found that the composted material entered the maturation phase. Samples were sent for analysis in external laboratory to evaluate the presence of heavy metals, viable helminth eggs, salmonella, and thermotolerant coliforms resulting in the values within the allowed according to CONAMA resolution 375/2006 (Brazilian Standards). With the collected data it was verified a high operational, financial and environmental viability to accomplish the internal composting process of excess sludge and solid waste, obtaining a soil corrective for the company's existing eucalyptus reforestation and ensuring the correct destination of solid waste generated by the industry, since the point of generation until its final destination, besides aggregating value to what until now was assumed as waste.

**Key words:** Composting. Viability. Environmental Sustainability. Solid Waste. Industrial Effluent Treatment. Sludge.

---

## Informações sobre os autores:

(1) Marcelo de Julio – <http://lattes.cnpq.br/8139895417126415>

Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) (1998), Especialização em Gestão da Produção pela UFSCar (2001) e Doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (EESC/USP), (2005). Atualmente é Professor da Divisão de Engenharia Civil do Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA. Tem experiência na área de Engenharia Sanitária e Ambiental, com ênfase em Tratamento de Águas e Efluentes Líquidos, atuando principalmente nos seguintes temas: coagulação, floculação, sedimentação/flotação, filtração, substâncias húmicas e reagente de Fenton (POA).

Contatos: [dejulio@ita.br](mailto:dejulio@ita.br)

(2) Maycoln Primo – <http://lattes.cnpq.br/5636584078775366>

Especialista em Gestão Ambiental pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG) (2009), junto ao Departamento de Engenharia Civil e Núcleo de Estudos em Meio Ambiente (NUCLEAM). Possui graduação em Tecnologia em Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), (2007) e curso técnico-profissionalizante pela UTFPR (1997). Atualmente é Especialista em Produtividade Industrial da SADIA S.A. Tem experiência na área de Engenharia de Produção, com ênfase em Gerência de Produção.

Contato: [mayprimo@uol.com.br](mailto:mayprimo@uol.com.br)