

# ESTUDO PILOTO SOBRE OBTENÇÃO DE COMPOSTO ORGÂNICO A PARTIR DE AGUAPÉ

José Arnaldo Gomes<sup>1</sup>  
Hideo Kawai<sup>2</sup>  
Marcelo C. Jahnel<sup>3</sup>

**RESUMO** - Este estudo foi realizado para se verificar a utilização racional e econômica do aguapé *Eichhornia crassipes*. O aguapé foi coletado, seco ao ar livre e triturado. Três pilhas de composto foram preparadas, adicionando-se porcentagens de esterco de galinha e enzima. O aguapé mostrou ser facilmente transformado em composto. Sua capacidade fertilizante foi avaliada quando adicionada a diversos plantios de trigo. Os resultados de produtividade revelaram valores maiores para o composto fermentado com esterco. Estudos de viabilidade econômica apontaram que seu alto custo de produção desestimulará sua comercialização em larga escala.

**ABSTRACT** - This study was carried out to verify the economic and rational utilization of waterhyacinth *Eichhornia crassipes*. The plant was collected, dried at open air and grounded. Three piles of composting were prepared by adding different percentages of poultry manure and enzyme. Waterhyacinth showed to be easily converted into compost. Its fertility capacity was evaluated by adding it to several wheat plantings. Productivity results pointed out higher values for manure added compost. Economical feasibility studies pointed that high production costs will desstimulate its large commercialization.

## INTRODUÇÃO

Este trabalho relata os passos dados para se verificar a viabilidade da produção de composto de aguapé (*Eichhornia crassipes*) através do processo fermentativo ao ar livre e estabelecer o seu efeito fertilizante no desenvolvimento da vegetação. Fundamentalmente, pretendeu-se equacionar o problema ambiental acarretado pela extrema velocidade de reprodução dessa planta aquática.

Segundo Igue, "a matéria orgânica deve ser vista sempre como uma alternativa de complementação para melhorar as condições específicas de um dado solo, redução significativa dos custos ou, ainda, dentro de um plano estabelecido de reciclagem de resíduos disponíveis localmente e que poluem o ambiente, é uma alternativa apropriada e racional quando é facilmente disponível ou produzida na propriedade ou quando é adquirida a baixo custo sem grandes problemas de transporte, ou isenta de contaminantes tóxicos que prejudicam as plantas ou a saúde humana".

O projeto "Estudo dos sistemas integrados e reciclagem de resíduos" desenvolvido na Estação Experimental de Biotecnologia da CETESB, localizada em Novo Horizonte, Estado de São Paulo, prevê a utilização racional e econômica de resíduos orgânicos, entre os quais se encontra a *Eichhornia crassipes* (que tem sido muito discutida ultimamente no Brasil devido à sua alta taxa de reprodutividade, acarretando sérios problemas operacionais nos sistemas hídricos) e, ao mesmo tempo, a possibilidade de seu uso como agente despoluidor.

Na perspectiva de busca de soluções novas, a CETESB, através da Estação Experimental, vem produzindo uma enzima específica extraída de diversos legumes e frutas para a aceleração da fermentação de materiais resistentes à atividade microbiana, entre eles a celulose e a lignina.

Na presente pesquisa, foi avaliada também a viabilidade do uso dessa enzima na compostagem de aguapé. A compostagem é uma técnica utilizada para se obter mais rapidamente - e em melhores condições - a desejada estabilização da matéria orgânica (Kiehl). Com o aumento dos custos dos adubos minerais, chamados de convencionais, a adubação orgânica volta a ser uma alternativa interessante quando se fala em nutrição de plantas.

## PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Para a realização do ensaio de compostagem utilizou-se o aguapé proveniente de um dos braços formadores do reservatório Tietê na região de Novo Horizonte.

Aproximadamente 8.200 kg de aguapé foram retirados manualmente do reservatório, colocados em um caminhão e enviados à Estação da CETESB, em duas viagens com aproximadamente 4.100 kg cada. Foram necessários sete funcionários trabalhando oito horas por dia, durante dois dias, para a operação de coleta e transporte. O aguapé coletado foi espalhado para secagem ao ar livre, numa camada de 30 cm; após sete dias, foi triturado em um desintegrador Penha mod. 5.200 U. Posteriormente, foi espalhado ao longo da varanda do prédio do laboratório da Estação Experimental para uma segunda secagem, uma vez que se encontrava com um teor de umidade muito elevado para compostagem. Após mais uma semana de secagem, o aguapé foi então utilizado para a confecção das leiras para compostagem.

Para o ensaio de compostagem, foram preparadas três leiras distintas. A primeira teve 1.000 kg de aguapé triturado, enquanto que a segunda constituiu-se de 1.000 kg de aguapé e 50 kg de estrume de galinha e, a última, de 665 kg de aguapé, 31,5 kg de estrume e 3,5 kg de enzima especial (vide Tabela 1).

<sup>1</sup> Engenheiro da CETESB

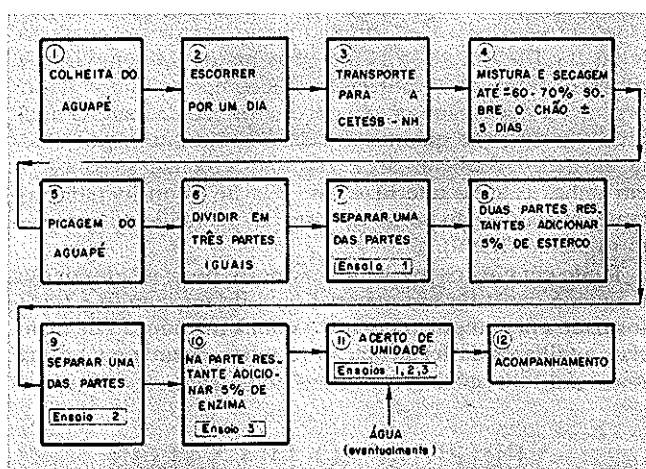
<sup>2</sup> Limnologista da CETESB

<sup>3</sup> Estagiário de Agronomia da CETESB

Diariamente eram efetuadas medidas de temperaturas (8h00, 12h00 e 16h00) e periodicamente (três vezes por semana) mediui-se a umidade, sendo eventualmente adicionada água para manutenção da umidade desejada. No Fluxograma 1 é mostrado o roteiro para preparação de leiras experimentais. Durante o tempo de ensaio foram realizadas análises de acompanhamento para umidade, nitrogênio total, fósforo total, potássio, carbono, resíduo fixo e pH, sendo coletadas três amostras de cada leira, por semana.

TABELA 1 - Preparação das Leiras para Compostagem

Composto	Composição
I	Aguapé picado (testemunha)
II	Aguapé picado + 5,0% de esterco de galinha
III	Aguapé picado + 5,0% de esterco de galinha + 0,5% de pó de enzima



FLUXOGRAMA 1

As leiras foram reviradas aos 10º e 18º dias de ensaio, para introdução de oxigênio e a compostagem foi considerada completada aos 32 dias de ensaio, uma vez que a temperatura baixou até um nível próximo à temperatura ambiente, caracterizando o término do processo fermentativo.

A enzima citada anteriormente foi produzida com base em quatro tipos de legumes e dois tipos de frutas, conforme relacionado na Tabela 2.

## RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO

Os resultados analíticos são apresentados nas Tabelas 3, 4 e 5. Na Figura 1 estão representadas as curvas de variação da temperatura nas leiras experimentais, ao longo do tempo de ensaio. As curvas foram construídas através da média móvel de três dias: este artifício foi utilizado a fim de melhor visualizar-se o comportamento da temperatura ao longo do ensaio.

No processo de fermentação por via aeróbia, como no caso da compostagem de matéria orgânica, a temperatura constitui um parâmetro fundamental para se verificar a evolução

TABELA 2 - Materiais Utilizados na Preparação da Enzima

Material	Peso (kg)	Proporção (%)
Nabo	70	20,0
Cenoura	70	20,0
Pepino	70	20,0
Tomate	70	20,0
Banana	70	20,0
Abacaxi	70	20,0
Total	350	100,0

TABELA 3 - Resultados das Análises da Compostagem de Aguapé - Leira I

Período	Início	7	14	17	20	24	27	31
Análise	10-5-85 <sup>(1)</sup>	17-5-85	24-5-85	27-5-85	30-5-85	3-6-85	6-6-85	10-6-85
Umidade %	68,5	69,4	70,1	69,6	72,3	70,1		
Nitrogênio % N	0,99	0,99	0,98	0,99	1,00	0,80		
Fósforo % P	0,09	0,09	0,09	0,10	0,09	0,10		
Potássio % K	0,98	0,98	1,00	1,00	1,00	1,10		
Carbono % C	28,4	28,6	26,5	23,4	23,6	24,0		
Resíduo Fixo %	48,4	48,3	50,4	50,3	52,6	48,3		
pH	6,0	6,5	6,2	6,3	6,5	6,5		
Relação C/N	28,7	28,9	27,0	23,6	23,6	30,0		

TABELA 4 - Resultados das Análises da Compostagem de Aguapé - Leira II

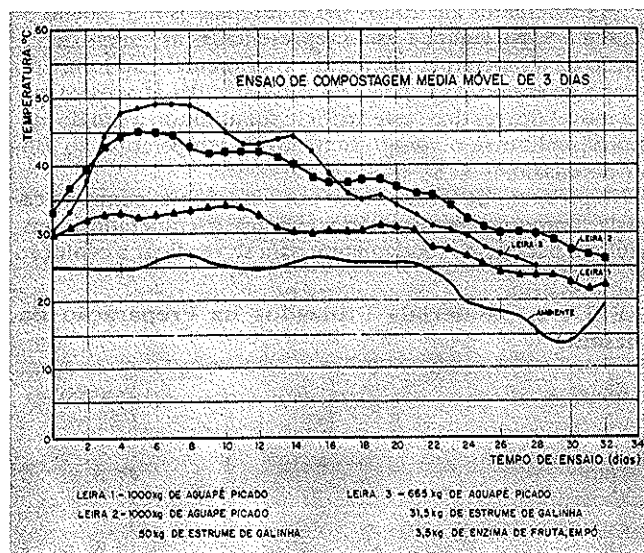
Período	Início	5	12	15	18	22	25	29
Análise	10-5-85 <sup>(1)</sup>	17-5-85	24-5-85	27-5-85	30-5-85	3-6-85	6-6-85	10-6-85
Umidade %	68,5	77,9	74,5	75,4	77,5	75,2	80,8	
Nitrogênio % N	0,99	1,3	1,0	1,3	1,3	1,2	1,2	
Fósforo % P	0,09	0,55	0,36	0,45	0,43	0,30	0,35	
Potássio % K	0,98	2,1	1,5	1,7	2,0	1,9	2,0	
Carbono % C	28,4	28,1	28,4	26,3	27,6	24,9	21,0	
Resíduo Fixo %	48,4	43,1	46,4	50,8	47,6	50,8	48,7	
pH	6,0	7,1	7,7	8,0	7,6	7,7	7,7	
Relação C/N	28,7	21,6	28,4	20,2	21,2	20,8	17,5	

<sup>(1)</sup> Análise do aguapé "in natura".

**TABELA 5 - Resultados das Análises da Compostagem de Aguapé - Leira III**

Período	Início	2	9	12	15	19	22	26
Análise	10-5-85 <sup>(1)</sup>	17-5-85	24-5-85	27-5-85	30-5-85	3-6-85	6-6-85	10-6-85
Umidade %	68,5	59,2	67,9	67,2	67,6	-	83,1	74,9
Nitrogênio % N	0,99	1,2	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,1
Fósforo % P	0,09	0,32	0,37	0,22	0,24	0,30	0,25	0,23
Potássio % K	0,98	1,5	1,5	1,4	1,6	1,5	1,5	1,5
Carbono % C	28,4	29,5	26,4	26,5	24,0	19,3	19,5	18,3
Resíduo Fixo %	48,4	47,1	49,6	52,8	51,7	50,3	52,2	52,9
pH	6,0	6,0	7,8	7,8	7,7	7,8	7,5	7,6
Relação C/N	28,7	24,6	24,0	24,1	21,8	19,3	19,5	16,6

<sup>(1)</sup> Análise do aguapé "in natura".



**FIGURA 1 - Curvas de Variação da Temperatura nas Leiras Experimentais**

do processo fermentativo. Na leira de compostagem adequadamente preparada do ponto de vista de nutrientes e microrganismos, observa-se, normalmente, a evolução da temperatura com uma curva do tipo sigmóide com os estágios mesofílico, termofílico, resfriamento e maturação.

No presente estudo, verificou-se tal tipo de curva padrão nas leiras experimentais II e III, que receberam, respectivamente, esterco e esterco mais enzima. Isto foi constatado, especialmente, na última leira citada.

Durante o processo de fermentação há o desenvolvimento de vários tipos de microrganismos. No início do processo, multiplica-se a flora bacteriana autóctone, ocasionando aumento de temperatura. Quando a temperatura ultrapassa 40°C, a população mesófila é substituída pela população microbiana termófila autóctone. O estágio termofílico que se processa na faixa de 55°C é o mais importante do processo de compostagem. Temperaturas muito elevadas acarretam a inativação de enzimas dos microrganismos, diminuindo a taxa de decomposição (Finstein et alii).

Os níveis de temperatura de fermentação atingidos nas leiras experimentais foram relativamente baixos, se comparados com as temperaturas referidas. Obteve-se a temperatura de 45°C na leira II e 50°C na leira III.

A causa principal dessa limitada evolução da temperatura poderia ser atribuída ao volume das leiras de aguapé do experimento. Quando o volume é pequeno demais, parte significativa da calor produzida no interior da leira pela atividade microbiana é perdida. O volume ideal desse tipo de leira para fermentação ao ar livre deve ser dimensionado acima de 3 m<sup>3</sup> (1,5 m de altura, 1,5 m de largura).

Além desse aspecto, o teor de umidade relativamente elevado (que variou de 65 a 80%), observado ao longo do experimento, poderia ter prejudicado o desenvolvimento satisfatório da flora microbiana, provocando, conseqüentemente, baixo valor de temperatura. A umidade ideal para compostagem localiza-se em torno de 50 a 60% (Finstein et alii).

De qualquer maneira, através das curvas apresentadas na Figura 1, pode-se julgar que a enzima utilizada no presente estudo auxiliou de forma positiva o processo fermentativo.

A composição química do aguapé utilizado no experimento apresentou quase 50% de resíduos fixos, é pobre em nutrientes (N e P), possuindo uma relação de C/N em torno de 29%. O valor do pH foi de 6,0. Com o desenvolvimento do processo fermentativo, esse valor aumentou gradativamente nas leiras II e III, atingindo a faixa próxima de 8,0, em virtude, provavelmente, da volatilização e decomposição dos ácidos orgânicos. Acompanhando a decomposição da matéria orgânica, a proporção quantitativa de C/N diminuiu. Após cerca de um mês de fermentação, a relação C/N reduziu-se para 17% em ambas as leiras referidas. Essa relação é considerada bastante satisfatória do ponto de vista da qualidade do composto orgânico (Kiehl).

Tendo em vista os resultados expostos, pode-se admitir que o aguapé constitui um material fácil de ser curado e transformado em composto orgânico com a introdução de materiais auxiliares da fermentação (esterco, enzima etc.) e manutenção satisfatória do volume e umidade.

## VERIFICAÇÃO DO VALOR FERTILIZANTE DO COMPOSTO DE AGUAPÉ

A experiência foi realizada utilizando-se os três tipos de compostos de aguapé produzidos conforme o procedimento apresentado. Sua composição química encontra-se na Tabela 6.

Foi escolhido trigo (*Triticum* sp) IAC-05 para a planta-teste, levando-se em conta que é uma planta de ciclo curto, e também a conveniência da época de cultivo.

O solo utilizado no plantio experimental foi de areia quartzosa coletada na região de Novo Horizonte, cuja composição química é apresentada na Tabela 7.

Para facilitar o manuseio e acompanhamento, foram utilizados vasos de barro com volume de cinco litros cada (60 vasos ao todo) para o teste do composto, os quais foram dispostos na varanda de um dos prédios (laboratório) da Estação Experimental. O interior de todos os vasos foram pintados com "neutrol", para evitar eventual perda de sais nutrientes.

**TABELA 6 - Composição Química dos Compostos Produzidos nos Ensaios de Compostagem**

Composição	Composto		
	I	II	III
Umidade %	78,3	81,7	77,8
Nitrogênio % N	0,9	1,1	1,0
Fósforo % P	0,1	0,3	0,3
Potássio % K	1,1	1,9	1,6
Carbono % C	22,8	18,5	18,3
Resíduo Fixo %	51,2	46,6	52,8
pH	6,4	7,7	7,5
Relação C/N	25,3	17,0	18,3

O procedimento de preparação e de tratamento experimental utilizado envolveu a distribuição de três tipos de composto de aguapé e solo para quantidades de compostos correspondentes às aplicações de 10, 20 e 40 toneladas por hectare. Admitiu-se que a profundidade efetiva da terra fosse de 20 cm para adaptação da unidade de aplicação por hectare para o vaso. Obedecendo a critérios estatísticos, prepararam-se seis repetições para cada tratamento. Desta forma, os tratamentos adotados e as quantidades de compostos de aguapé utilizados para cada tratamento podem ser resumidos na Tabela 8.

Após a semeadura do trigo (oito sementes para cada vaso), todos os vasos experimentais foram colocados aleatoriamente na varanda de um dos prédios do laboratório da Estação Experimental. Quando as plantas atingiram cerca de 50 cm de altura, foi colocado em cada vaso um apoio com estrutura de arame para possibilitar o crescimento normal da planta.

**TABELA 7 - Composição Química do Solo Utilizado**

Parâmetro	Resultado	Parâmetro	Resultado
N %	0,03	Al meq/100 g	0,32
P ppm	1,00	H+Al meq/100 g	1,65
K ppm	20,00	S e. mg/100 g	0,85
C %	0,22	T e. mg/100 g	2,50
Ca meq/100 g	0,56	V %	34,00
Mg meq/100 g	0,24	pH	5,60

Onde: S = Soma de Bases

T = Capacidade de Troca de Cátions

V = Saturação de Bases

Obs.: As determinações foram realizadas no Departamento de Química da ESALQ-USP.

Decorridos 73 dias após o plantio, as plantas de cada vaso foram colhidas e lavadas. A seguir, o sistema radicular e a parte aérea foram separados e colocados, isoladamente, em sacos de papel para secagem em estufa a 65°C, até serem obtidos pesos constantes.

Nas Tabelas 9 e 10 são relacionados os resultados em peso (g) obtidos para o sistema radicular e a parte aérea, respectivamente, em função do tratamento e tipo de composto e, nas Tabelas 11 e 12, os resultados de tratamento estatístico para cada parte da planta. Na Figura 2 estão representados graficamente os resultados em peso para o sistema radicular e a parte aérea.

**TABELA 8 - Condições Utilizadas no Plantio Experimental**

Tipo	Quantidade de Composto Aplicado no Vaso (g)	Número de Vasos
I (só composto)	25	6
	50	6
	100	6
II (aguapé + esterco de galinha)	25	6
	50	6
	100	6
III (aguapé + esterco de galinha + enzima)	25	6
	50	6
	100	6
Testemunha (só solo)	0	6

**TABELA 9 - Resultado de Peso (em Grama) do Sistema Radicular em Função do Tipo de Composto (T) e Dosagem (D)**

Dosagens	Tratamento																	
	T1			T2			T3											
D1	1,4	1,9	1,3	3,3	1,5	1,7	3,4	1,8	2,9	2,4	4,2	2,3	3,0	3,0	2,5	2,4	2,5	1,4
D2	1,6	2,1	1,3	1,4	1,7	1,8	3,1	3,3	4,1	5,0	3,9	2,0	2,8	3,1	2,6	3,2	2,8	3,5
D3	2,2	1,4	0,7	1,5	1,9	1,5	2,3	2,3	2,5	3,5	2,5	3,9	3,0	2,1	2,9	4,2	3,9	1,4
Testemunha	1,1	0,7	0,7	1,5	0,7	1,5												

**TABELA 10 - Resultado de Peso (em Grama) da Parte Aérea em Função do Tipo de Composto (T) e Dosagem (D)**

Dosagens	Tratamento																	
	T1			T2			T3											
D1	1,7	2,1	1,0	2,3	1,6	2,4	4,1	3,9	3,9	3,5	4,2	3,4	3,7	4,5	3,5	2,9	3,3	2,9
D2	1,1	2,5	1,2	1,1	2,1	1,9	4,1	4,5	5,5	5,1	3,7	4,2	4,3	4,6	3,2	3,4	3,3	4,4
D3	2,5	1,9	0,3	1,8	2,6	1,7	3,2	4,3	4,7	4,2	4,0	4,4	2,4	3,4	3,8	2,9	4,1	2,6
Testemunha	1,2	0,9	0,6	0,5	1,2	2,3												

**TABELA 11 - Tratamento Estatístico da Parte Aérea**

CV	GL	SQ	QM	F
Dosagens	2	1,06	0,530	1,157
Tipos	2	55,19	27,595	60,251
Interação	4	1,83	0,458	0,682
Fatorial	8	58,08	7,260	10,804
Fatorial x Teste	1	7,48	7,48	11,131
Tratamentos	9	65,56	7,284	10,839
Resíduo	50	33,61	0,672	
Total	59	99,167		

**TABELA 12 Tratamento Estatístico do Sistema Radicular**

CV	GL	SQ	QM	F
Dosagens	2	1,35	0,675	1,286
Tipos	2	19,72	9,860	18,781
Interação	4	2,10	0,525	0,879
Fatorial	8	23,17	2,896	4,851
Fatorial x Teste	1	6,410	6,410	10,737
Tratamentos	9	29,58	3,287	5,506
Resíduo	50	29,85	0,597	
Total	59	59,430		

$$\text{Coeficiente de variação} = \frac{0,773}{2,368} \times 100 = 32,64\%$$

$$\text{Coeficiente de variação} = \frac{0,82}{2,943} \times 100 = 27,85\%$$

CV = Causa da Variação  
GL = Graus de Liberdade

SQ = Soma de Quadrados  
QM = Quadrado Médio

F = Teste F

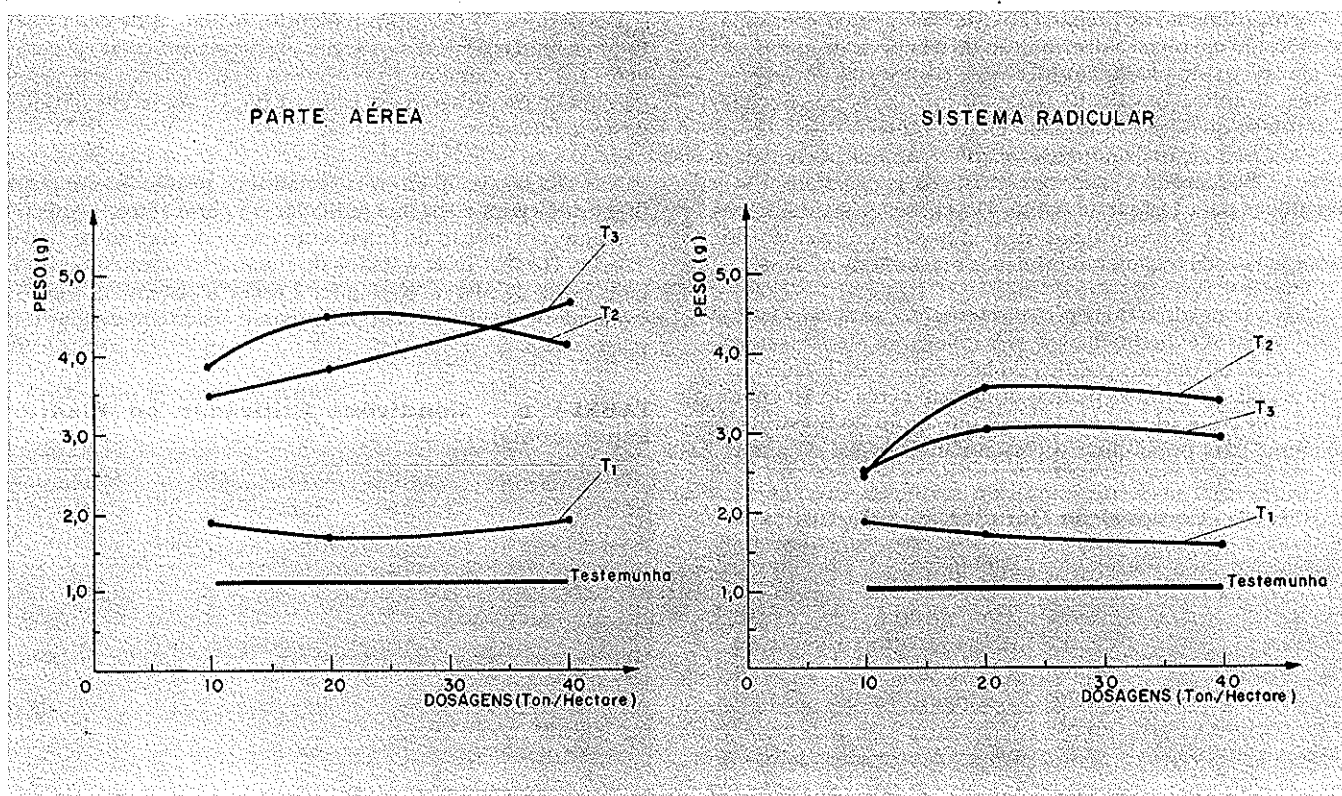


FIGURA 2 - Resultado em Peso do Sistema Radicular e Parte Aérea nos Ensaios de Plantio de Trigo

De acordo com os resultados dos experimentos e das análises estatísticas, não se observa diferença significativa de crescimento tanto do sistema radicular quanto da parte aérea, entre as diversas dosagens de compostos de aguapé aplicadas. Todavia, os tipos de compostos II e III, ou seja, aqueles fermentados com esterco de galinha e esterco de galinha mais enzima, respectivamente, apresentaram resultados significativamente superiores aos do composto I. Como já foi evidenciado pelos resultados de composição química e a evolução da temperatura durante o processo fermentativo apresentado anteriormente, ocorreu pouca atividade microbiana e, conseqüentemente, pouca decomposição de aguapé no composto I, contribuindo muito pouco o crescimento das plantas submetidas ao teste.

Em relação às diferenças de crescimento entre os compostos II e III, os vasos que receberam esterco mais enzima apresentaram resultados ligeiramente inferiores aos do composto II em ambas as partes das plantas experimentais. Esse fato sugere algumas interferências negativas da utilização da enzima no crescimento de trigo, embora ela auxilie no processo fermentativo.

Quanto à diferença de crescimento entre as dosagens, não foi evidenciado ao nível de 5%, pois acredita-se que os teores de nutrientes existentes nos compostos é baixo, não atendendo sequer às necessidades nutricionais da planta no solo utilizado.

É interessante notar que a simples utilização do aguapé sem acréscimo de nutrientes não mostra diferença significativa com a testemunha, com tendência a ocorrer o decréscimo de produção com o aumento de sua aplicação, uma vez que o aguapé - quando incorporado ao solo - demanda nutrientes para a sua decomposição, os quais serão retirados do solo; ou seja, o composto neste caso estará competindo em nutrientes (principalmente nitrogênio) com as plantas, não sendo recomendável, em termos nutricionais, a simples aplicação de aguapé no solo sem uma fermentação adequada.

## ASPECTOS ECONÔMICOS

Quando se considerar o aproveitamento, a nível industrial, de qualquer tipo de subprodutos resultantes do tratamento de esgotos, deve-se levar em conta fundamentalmente os fatores qualidade, condições de fornecimento e custos do produto.

Como foi visto no item anterior, o composto produzido com base no aguapé pode ser enquadrado como fertilizante orgânico de qualidade satisfatória, havendo, portanto, boas perspectivas para sua comercialização. Embora os teores de fertilizantes minerais sejam baixos, ele é aceitável como adubo orgânico, tendo em vista a quantidade de matéria orgânica, relação C/N, facilidade de manuseio etc.

Com relação à quantidade e continuidade de fornecimento de produtos, que se constituem em outros fatores importantes para garantir a produção a nível industrial, podem ser satisfeitas com relativa facilidade. De acordo com os dados levantados nos estudos realizados anteriormente (Kawai & Grieco), pode-se adotar a produção de aguapé de 100 a 150 kg/ha.dia em peso seco ou 2 ~ 3 t/ha.dia em peso úmido no sistema de tratamento e 50 a 100 kg/ha.dia em peso seco ou 1 a 2 t/ha.dia em peso úmido no reservatório.

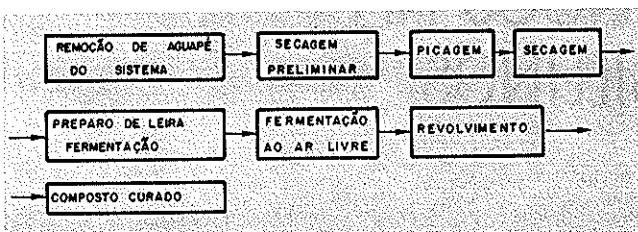
A lagoa de aguapé com uma área de 1 hectare pode tratar, aproximadamente, 150 kg de DBO/ha.dia com uma eficiência de 80%, o que corresponde a uma população de 3.000 hab (Kawai & Grieco).

É importante salientar que em um núcleo habitacional de porte muito pequeno, a produtividade do aguapé é, evidentemente, muito restrita, podendo dificultar o processo de fermentação e também onerar os custos operacionais.

Um dos problemas sérios a ser enfrentado na tentativa de se aproveitar o aguapé, qualquer que seja sua finalidade, é o elevado teor de umidade e sua baixa densidade. À semelhança de outras plantas aquáticas, o aguapé contém umidade superior a 95%, o que acarreta o aumento no custo da industrialização. Outro aspecto negativo dessa planta, para

industrialização, é que sua estrutura é muito volumosa: uma tonelada ocupa cerca de 3 m<sup>3</sup>. Essa característica, evidentemente, dificulta o processo de produção e comercialização, especialmente no que diz respeito ao transporte.

Com base nas considerações iniciais apresentadas, efetuou-se uma estimativa do custo para produção de composto de aguapé, de acordo com o seguinte fluxograma:



FLUXOGRAMA 2

O cálculo de custo para remoção de aguapé do sistema de tratamento de reservatório foi efetuado com base nos dados levantados pela SABESP na lagoa de estabilização de Mairiporã e nos estudos da CETESB efetuados na lagoa de aguapé de Jacaré e no reservatório de Promissão. Adotou-se o salário de Cz\$ 2.000,00 (inclusive encargos sociais) por mês, para cada trabalhador, para serviços de retirada de aguapé.

Todas as despesas de manuseio necessárias para picagem, secagem e fermentação foram estimadas de acordo com os resultados obtidos no experimento piloto realizado na Estação Experimental em Novo Horizonte.

O custo da depreciação apresentado no cálculo é relativo ao investimento para aquisição de picadeira e construção de cobertura para secagem de aguapé. Em função da escala de produção, optou-se pela picadeira de marca Penha, modelo TM 5.000, com capacidade de picagem de 4 t de aguapé por dia.

São necessários cerca de quatro a sete dias para secagem de aguapé a fim de adquirir a umidade adequada à fermentação (50 ~ 60%). Para essa finalidade, estimou-se o custo da construção de uma cobertura feita com estrutura de madeira (caibros), revestida com filme de plástico para agricultura, e piso coberto com uma mistura de solo e cimento. Pela experiência anterior, adotou-se a área de 750 m<sup>2</sup> para secagem diária de 3.000 kg de aguapé com o tempo de secagem de cinco dias. Avaliou-se em um ano a vida útil para a picadeira e cinco anos para a cobertura, exceto o filme de plástico, que necessita de renovação anual.

Para os cálculos demonstrados abaixo, tomou-se por base uma lagoa com área de 1 ha e produção de aguapé de 3.000 kg/dia (base úmida).

	Cz\$/t de aguapé com base na umidade de 95%
Remoção de aguapé da lagoa	100/t
Manuseio para picagem, secagem e preparo de leira	80/t
Custo de esterco	20/t
Depreciação	30/t
Consumo de energia	20/t
Despesas gerais	20/t
Subtotal	270/t
Custo de produção de fertilizante com umidade de 43%	595/t

Admitiu-se, para efeito de cálculo de custo, que todos os processos de produção foram realizados em local junto ao sistema de tratamento ou do reservatório.

Todas as despesas referentes à produção foram calculadas em condição da umidade de 95% no aguapé. De conformidade com a lei estabelecida pelo Ministério de Agricultura, a umidade do adubo orgânico comercializado deve ser menor que 43%. Por esse motivo, o custo de produção foi ajustado de acordo com a variação da umidade prévia e posterior ao processo de compostagem (95% e 43%).

Hoje, o composto orgânico de lixo com a composição de 1% de N, 0,8 de K, e 40% de matéria orgânica custa cerca de Cz\$ 150/t. O esterco cru, porém com a composição química bastante superior à do composto de aguapé, do ponto de vista de fertilizante mineral e orgânico, custa, atualmente, em torno de Cz\$ 300/t.

Diante desses preços, pode-se julgar que o custo de produção de composto de aguapé é excessivamente elevado para consumo geral.

Mesmo eliminando-se o custo referente à remoção do aguapé que, eventualmente, poderá ser incluído nos custos operacionais do sistema de tratamento ou do reservatório, o composto de aguapé custará em torno de Cz\$ 400/t, não podendo ser um adubo destinado a conquistar uma larga faixa de mercado.

## CONCLUSÃO

É possível transformar o aguapé produzido no sistema de tratamento ou em reservatório em composto orgânico, através do processo de fermentação ao ar livre.

Os estudos do valor fertilizante do composto de aguapé apresentaram aspectos positivos, quanto à sua aplicabilidade. No entanto, o custo da produção em nível industrial, estimado com base nos dados obtidos no experimento, apresenta-se excessivamente elevado, não podendo ser enquadrado como fertilizante destinado a conquistar uma larga faixa de mercado.

Provavelmente o uso mais viável desta planta aquática restrinja-se ao nível individual, isto é, para quem resida próximo ao local de produção de aguapé (reservatório ou lagoa de tratamento) - para usos particulares e em pequena escala.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à equipe de técnicos e auxiliares da Estação Experimental de Biotecnologia da CETESB em Novo Horizonte, bem como ao engenheiro Vito Marcello Grieco, ao biólogo José Maurício Teixeira Ferro Costa, ao analista de laboratório Sidney Jorge de Almeida Silva e, especialmente, ao agrônomo Hiroyuki Yoshimoto, pela imensa colaboração prestada, sem a qual este estudo não teria sido efetuado.

## REFERÊNCIAS

- FINSTEIN, M. S. & MORRIS, M. L. "Microbiology of Municipal Solid Waste Composting", *Advance Applied Microbiology*, 19: 113-51, 1979.
- FINSTEIN, M. S. et al. "Microbial Ecosystems Responsible for Anaerobic Digestion and Composting", *Journal of Water Pollution Control Federation*, 52(11): 2675-85, 1980.
- FINSTEIN, M.S. et al. "Discussion of R.T. Haug: Engineering Principles of Sludge Composting", *Journal of Water Pollution Control Federation*, 52: 2037-40, 1980.
- IGUE, K. et al. *Adubação Orgânica*. Paraná; JAPAR, 1984. 33 p. Informe da Pesquisa; 59.
- KAWAI, H. & GRIECO, V. M. "Utilização do Aguapé para Tratamento de Esgoto Doméstico: Estabelecimento de Critérios de Dimensionamento de Lagoas de Aguapé e Abordagem de Alguns Problemas Operacionais", *Revista DAE*, São Paulo, SABESP, 135:79-90, dez. 1983.
- KIEHL, E.J. *Fertilizantes Orgânicos*, Piracicaba, Agrônômica "CERES", 1985, 492 p.
- MELLANBY, Kenneth. *Biologia da Poluição*, São Paulo, EPUSP/ EDUSP, 1982, 89 p.
- RAIJ, Bernardo Van. *Avaliação da Fertilidade do Solo*, Piracicaba, Instituto da Potassa, 1981, 142 p.