IICBRO
Congresso Brasileiro de Resíduos Orgânicos

COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS ORGÂNICOS
A experiência do Incaper

Dr. Jacimar Luis de Souza
Pesquisador em agroecologia – INCAPER
E-mail: jacimarsouza@yahoo.com.br



COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS AGRÍCOLAS

O INCAPER desenvolve um programa de pesquisa e difusão em agricultura orgânica desde 1990, tendo gerado conhecimentos científicos, tecnologias e indicadores para os sistemas de produção dos agricultores familiares, principalmente aqueles da região serrana do Espírito Santo. O sistema orgânico estudado ao longo destes 21 anos possui como um de seus pilares, a reciclagem por meio da compostagem de resíduos agrícolas.

Reconhecidamente, a matéria orgânica exerce importantes efeitos benéficos sobre as propriedades físicas, químicas, fisico-químicas e biológicas do solo, contribuindo substancialmente para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Porém, poucos agricultores têm implantado um sistema de produção de adubo orgânico local, especialmente de resíduos orgânicos ricos em carbono e nitrogênio, que além de fertilizar o solo, seqüestram CO_2, nutrem melhor a planta e multiplicam antagonistas que reduzem problemas fitossanitários.

A maioria dos agricultores utiliza ainda, como adubo orgânico, estercos e resíduos orgânicos aplicados diretamente no solo, vindos de fontes externas à propriedade, alguns inclusive de baixa qualidade, comprometendo a saúde do sistema e o rendimento comercial. A opção de produção local de biomassa para a compostagem apresenta duas grandes vantagens: controle de qualidade e menor custo.

A utilização de compostos orgânicos de qualidade, fabricados na propriedade, balanceados e ricos em nutrientes, provocaria um salto de qualidade e produtividade na agricultura brasileira, em especial na agricultura orgânica, inclusive com significativa redução do custo de produção. Além disso, este processo estaria colaborando com a destinação adequada de resíduos sólidos e líquidos de elevado potencial poluente, gerados em outras atividades agropecuárias e industriais.

A integração de algum tipo de criação animal que forneça o esterco como base para a inoculação do sistema de produção de adubo orgânico é uma das estratégias mais eficazes. A produção local do esterco resolve dois problemas cruciais: primeiro, evita a importação de resíduos com potencial poluente desconhecido e, segundo, reduz o custo de produção. Sistemas integrados e associados, como a criação de aves e a produção e hortaliças no sistema PAIS – Produção Agroecológica Integrada e Sustentável, são aqueles que proporcionam melhor aproveitamento técnico-econômico-ambiental.

Uma unidade básica do sistema PAIS está sendo estudada na área experimental do Incaper, com o objetivo de ampliar sua eficiência, visando alcançar auto-suficiência produtiva, por meio da produção de biomassa de capineira associada, fixação biológica de nitrogênio com leucena como árvore adubadeira (na forma de anel externo) e compostagem integrada usando-se a cama do aviário central, capim elefante triturado e leucena triturada.

COMPOSTAGEM PELO MÉTODO ‘INDORE’

A produção de composto orgânico pelo método ‘Indore’, em pilhas estáticas reviradas periodicamente, é um dos métodos mais apropriados à agricultura nos trópicos, especialmente em regiões de boa luminosidade e precipitação.

Para tanto, o sistema de produção de composto deve estar centralizado na ciclagem de carbono (produzindo-se biomassa em capineiras, visando gerar volume suficiente para atender ao sistema – Banco de Carbono) e na ciclagem de nitrogênio (produzindo palhadas ricas em nitrogênio em legumineiras – Banco de proteína), condições necessárias para a obtenção de adubo orgânico em quantidade e qualidade. Esta produção local de biomassa não inviabiliza a potencialidade de uso de estercos animais e outros resíduos vindos de fora da unidade produtiva.

Uma questão fundamental para a produção de um bom composto orgânico é conhecer as características e a composição dos resíduos disponíveis. O Incaper tem analisado muitas fontes disponíveis no Espírito Santo, visando orientar para a fabricação de composto orgânico de qualidade, que proporcione boa nutrição das plantas, além das tradicionais melhorias físicas e biológicas do solo.

INDICADORES TÉCNICOS PARA COMPOSTAGEM

Composição química:

O Sistema de produção de composto orgânico da Unidade de Referência em Agroecologia do Incaper, em Domingos Martins/ES, vem sendo monitorado há 21 anos, gerando informações técnicas e econômicas importantes para os agricultores interessados na atividade.

Avaliações realizadas ao longo de 1990 a 2010, em 50 medas de composto orgânico, indicam a seguinte composição média constante da Tabela 1. Destaca-se que o teor médio de 2,0% de N tem sido a composição mínima para alcance de melhores produtividades. Teores de P e K acima de 1,0% também devem ser desejados em processos de compostagem.

TABELA 1: Composição média de compostos orgânicos. Incaper, 1990 a 2010.[1]

Adubo	M.O	C/N	pH	MACRO (%)					MICRO (ppm)				
	(%)			N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	B
Composto	**52**	**16/1**	**7,3**	**2,0**	**1,2**	**1,2**	**4,8**	**0,5**	**54**	**188**	**12.424**	**793**	**25**

[1] Média de 50 medas.

A melhoria na composição de potássio pode ser obtida, acrescentando-se resíduos vegetais de maior concentração neste elemento, como bananeira, palha de café e capim Cameron, dentre outros. Também se pode elevar o potássio adicionando-se cinza vegetal na mistura da compostagem.

A melhoria na composição de fósforo geralmente é conseguida pela adição de fontes de estercos ricos em P, como esterco de aviário, mas a principal alternativa para tal tem sido o enriquecimento das pilhas de composto com fosfatos naturais. A adição de 5 kg de fosfato natural de Araxá, para cada metro cúbico de composto no momento da montagem, permite elevar o teor de P de 0,71% para 1,82% no composto final (Tabela 2). Por conseqüência, o teor de cálcio eleva de 2,74% para 6,44%.

TABELA 2: Composição média de compostos orgânicos elaborados com e sem adição de fosfato natural. Incaper, 1990 a 2010.[1]

TRAT.	M.O	C/N	pH	MACRO (%)					MICRO (ppm)				
				N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	B
SEM	**52**	**15/1**	**7,1**	**2,12**	**0,71**	**1,18**	**2,74**	**0,48**	**44**	**164**	**17.335**	**747**	**25**
COM	**50**	**15/1**	**7,4**	**2.10**	**1,82**	**1,36**	**6,44**	**0,56**	**54**	**226**	**14.810**	**905**	**30**
Teste t	ns	ns	ns	ns	**	ns	**	ns	ns	**	ns	ns	ns

A grande vantagem deste enriquecimento é que o ataque térmico, microbiano e de ácidos húmicos e fúlvicos durante 90 dias do processo, disponibilizam em torno de 70% deste P total presente no composto, mesmo utilizando-se fosfatos de baixa solubilidade, como o Araxá. Atualmente, as opções dos fosfatos naturais reativos importados, melhoram ainda mais a disponibilização do P.

Geração de biomassa local e reciclagem de resíduos agrícolas:

Para ampliar a possibilidade do emprego da compostagem no meio rural, a produção local de biomassa, tanto em capineiras como em legumineiras é uma necessidade.

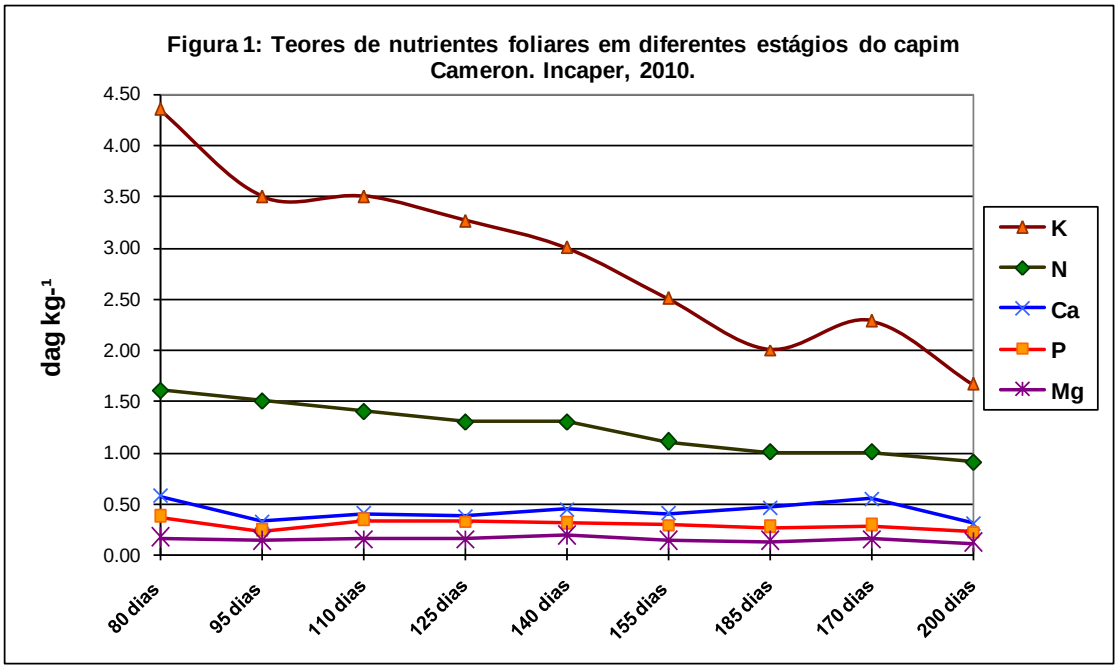
Existem linhagens de capim elefante (Cameron) que apresentam elevado potencial de produção de biomassa verde, que permite sustentar sistemas de compostagem comalata demanda de volume. Da mesma forma, o emprego de leguminosas arbóreas, como a leucena, permite fixar altas quantidades de N e mobilizar das reservas do solo, o K lixiviado para camadas profundas, disponibilizando-o novamente para as culturas.

O indicadores da área experimental do Incaper, atestam um potencial de produção de biomassa triturada em 1.000 m^2 de capineiras e legumineiras, nas seguintes quantidades médias:

- Capineira de **capim Cameron**.....: **80 m^3 em 3 cortes por ano**. Capim Cameron plantado em sulcos distanciados de 1,0 m entre-linhas.
- Legumineira de **leucena**.....: **5,0 m^3 em 3 cortes por ano**. Leucena plantada em linhas espaçadas de 2,0 m, com 0,3 m entre plantas na linha (1500 plantas/1000 m^2)

A Figura 1 mostra o teor de potássio na matéria seca do capim Cameron cortado em diferentes estádios de amadurecimento. A utilização mais precoce do capim (desde que já apresente boa produção de biomassa seca por hectare) permite mobilizar maiores quantidades de K, além de apresentar melhor conteúdo de N.

A geração local de biomassa pode e deve ser complementada com resíduos de alta disponibilidade regional, visando reduzir o potencial poluente destes e proporcionar o retorno dos nutrientes para a agricultura. Existem localidades e regiões com predominância de atividades agropecuárias geradoras de resíduos úteis para processos de compostagem, a exemplo da cafeicultura (palha de café), Rizicultura (cascas, palhas e cinzas de arroz), entre outras.



Custo de produção de composto orgânico:

O sistema de produção de composto do Incaper, baseado no preparo e reviramentos manuais, apresenta um custo médio de R$ 58,70 por tonelada, conforme as especificações apresentadas na Tabela 3.

MANEJO DA COMPOSTAGEM E A MÃO-DE-OBRA RURAL

No Brasil, encontramos os mais variados sistemas de manejo em compostagem orgânica no meio rural, desde a fase de preparo e empilhamento dos resíduos, passando por sistemas de reviramento e trituração, até sistemas de peneiramento e separação final. A grande questão é cada propriedade e cada projeto produtivo avaliar as melhores alternativas técnicas e econômicas para a sua realidade.

Sistemas manuais:

Os sistemas de manejo de compostagem baseado apenas na mão-de-obra familiar é o mais utilizado. A grande limitação deste sistema é a baixa disponibilidade de mão-de-obra na agricultura, fato que tem sido a causa maior da pequena adoção de sistemas de compostagem orgânica no Brasil.

TABELA 3: Custo médio de produção de compostos orgânicos na área experimental do Incaper, 2010.[1]

CUSTO DE COMPOSTO ORGÂNICO (Pilha de 36 m3 = 9 toneladas)		
INSUMOS	**QUANTIDADE**	**VALOR**
B.1. Esterco de galinha como inoculante da pilha (40 kg m³).	1.440 kg	172.80
B.2. Esterco galinha para adubação da capineira (350 m²).	100 kg	12.00
B.3. Óleo diesel (transporte de material).	4 l	8.12
B.4. Energia elétrica trituração do capim (motor 10 HP por 4 horas)	29,44 kwh	5.37
B.5. Restos culturais para 18 m³ (300 kg m³).	-	-
TOTAL (A)		**198.29**
SERVIÇOS	**QUANTIDADE**	**VALOR**
A.1. Roçada e transporte de capim e restos culturais	2,0 D/H	60.00
A.2. Adubação e manejo da capineira por 6 meses	3,0 D/H	90.00
A.3. Trituração do capim	0,5 D/H	15.00
A.4. Confecção	2,0 D/H	60.00
A.5. Reviramentos (5 vezes)	2,5 D/H	75.00
A.6. 10 Irrigações	1,0 D/H	30.00
TOTAL (B)		**330.00**
TOTAL (A) + TOTAL (B)		**528.29**
CUSTO UNITÁRIO POR TONELADA		**58,70**

[1] Preços em Reais, em outubro de 2010.

Sistemas mecanizados:

Atualmente, o mercado de máquinas e implementos possui muitas alternativas para reduzir o gasto de mão-de-obra nos processos de compostagem, aumento a eficiência e a escala de produção.

Nessa direção, baseado em modelos comerciais, o Incaper aprimorou uma máquina compostadeira, que faz o reviramento e a trituração dos resíduos em pilhas de compostagem, divulgando a atividade para agricultores interessados. Enquanto 1 D/H no processo de reviramento manual da pilha de composto, apresenta um rendimento de 11 m^3 por hora, com a compostadeira este rendimento aumenta para 47 m^3 por hora (Figura 2).




FIGURA 2: Sistema manual e mecanizado de reviramento de composto. UEPA - Incaper, 2009.

Compostagens sem reviramento:

Compostagem com aeração forçada:

A utilização de sopradores de paleta vertical, para aeração forçada das pilhas de composto orgânico, visando dispensar o reviramento, é uma possibilidade. É um sistema que onera o custo de produção, mas dependendo da realidade local, pode ser viável. Nestes sistemas, todos os resíduos devem ser pré-misturados homogeneamente antes do empilhamento.

Compostagem 'Caparaó':

Este sistema utiliza resíduos brutos sem trituração, empregando resíduos de bananeiras cortadas para molhar o interior das pilhas de composto, não realizando reviramentos nem irrigações (Figura 3). Além disso, utiliza-se do microtrator para auxiliar na quebra dos resíduos a partir da fase intermediária (mais ou menos 60 dias). Este sistema reduz o custo de produção.

QUALIDADE DO COMPOSTO ORGÂNICO

Qualidade dos resíduos:

A qualidade dos resíduos orgânicos, especialmente dos inoculantes usados no processo de compostagem, interfere significativamente na qualidade final do produto. Estudos realizados pelo Incaper confirmam que a composição do composto em nutrientes é primordial para melhor desempenho produtivo de muitas culturas. Um exemplo disto está apresentado na Tabela 4.



FIGURA 3: Sistema ‘Caparaó’ de compostagem. Incaper, 2008.

Um dos fatores mais importantes para a melhoria qualitativa do composto orgânico é o seu teor de nitrogênio. Isto se deve ao fato de que a elevação de 0,5% no teor de N de um composto pode elevar a produtividade em 30 a 40% em sistemas orgânicos de produção.

Portanto, toda estratégia de enriquecimento de compostos orgânicos é recomendável, utilizando-se das mais variadas alternativas, como: urina, resíduos verdes, fosfatos, pós de rocha, resíduos agroindustriais, microrganismos, entre outros.

TABELA 4: Avaliação conjunta do efeito de tipos de compostos orgânicos, com diferentes inoculantes, sobre o desenvolvimento do milho verde. Incaper, 1993 e 1995.

					Comercial			
Tipos de Composto	Stand Final	Altura de Plantas (m)	Diâmetro Do Caule (cm)	Nº de Espigas (ha)	Produti-vidade (Kg/ha)	Peso Médio (g)	Comp. Médio (cm)	Diâmetro Médio (cm)
Composto/ Esterco	15 a	2,5 b	2,1 c	29397 b	6339 b	220 b	17,1 ab	4,5 b
Composto/ Composto	12 ab	2,4 b	2,2 ab	27745 b	6273 b	232 ab	17,2 a	4,6 a
Composto/ Torta Cacau	13 ab	2,7 a	2,3 a	38905 a	9384 a	244 a	17,5 a	4,6 a
Composto Terriço	11 b	2,4 b	2,1 bc	26406 b	5642 b	221 b	16,4 b	4,5 ab
CV(%)	15,6	4,9	8,3	12,6	30,0	12,2	5,9	3,9

Adubação em cobertura com composto e outros resíduos ricos em N e K:

A prática da adubação em cobertura com resíduos orgânicos ainda é pouco utilizada pela maioria dos agricultores orgânicos. Seu emprego pode melhorar a eficiência produtiva pelo fornecimento parcelado de nutrientes, especialmente nitrogênio e potássio, para a maioria das culturas (Tabelas 5 e 6).

TABELA 5: Adubação orgânica em cobertura no cultivo orgânico do pimentão. Incaper, 2000/2001.

Trat.	Frutos totais		Frutos comerciais					Frutos Podres
	Nº	Peso (Kg/ha)	Nº	Produt. (Kg/ha)	Trat/T(%)	gr. por planta	Diam (cm)	(%)
Test. (T)	114	16.832	86	15.848	0,0	634	5,2	12
Composto	156	23.880	117	22.435	41,6	897	5,0	12
Cinza	147	22.522	112	21.405	35,1	856	5,2	13
Far. Cacau	175	25.580	125	23.895	50,8	956	5,1	15
K mineral	154	24.835	118	23.532	48,5	941	5,2	9
N mineral	197	36.858	133	35.478	123,9	1419	5,6	21

TABELA 6: Adubação orgânica em cobertura na cultura do tomate em sistema orgânico de produção - avaliação conjunta. INCAPER, 1996.

Tratamentos	Total		Comercial	
	Nº Frutos	Peso (kg/ha)	Nº Frutos	Produtividade (kg/ha)
1 - Composto (30 dias)	128	32.617	91	26.284
2 - Composto (30 e 60 dias)	140	32.138	95	27.991
3 - Composto diluído 1:2 (30 dias)	137	32.279	98	28.378
4 - Composto diluído 1:2 (30 e 60dias)	129	30.745	89	26.986
5 - Esterco de galinha (30 dias)	140	32.328	101	29.723
6 - Esterco de galinha (30 e 60 dias)	144	33.723	98	31.034
7 - Torta cacau (30 dias)	168	42.038	113	36.343
8 - Torta cacau (30 e 60 dias)	154	42.005	107	36.460
9 - Testemunha	139	30.924	94	26.971

Biomassa verde como adubação de cobertura:

Resíduos vegetais verdes, com teores de N acima de 2,5%, podem ser utilizados na complementação da adubação orgânica de hortaliças e fruteiras, visando melhorar o desempenho produtivo, conforme mostra a Figura 4.

FIGURA 4: Adubação em cobertura com diferentes espessuras de camadas de Leucena triturada. Incaper, 2011.



CÁLCULO E RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO PARA SISTEMAS ORGÂNICOS

A recomendação de adubação para sistemas orgânicos de produção deve basear-se em indicadores do próprio sistema de manejo, especialmente relativo a níveis críticos de elementos no solo manejado organicamente, por apresentar diferenças substanciais em relação aos sistemas agroquímicos, como: Disponibilização gradual de elementos pelos adubos orgânicos, níveis críticos mais elevados para fósforo e potássio, acúmulo temporal de nutrientes na matéria orgânica do solo, maior poder tampão do solo, entre outros.

O Incaper disponibiliza um software de recomendações de corretivos e adubações para o estado do Espírito santo, onde contém uma seção específica para recomendação de adubação para cultivos orgânicos. Este programa pode ser baixado em www.incaper.es.gov.br.

PRÁTICAS COMPLEMENTARES À COMPOSTAGEM

Sistemas de distribuição de resíduos orgânicos via líquida:

O aprimoramento de sistemas de adubação orgânica via líquida, que reduzam mão-de-obra, podem ampliar o uso de compostos orgânicos pelos agricultores. Alguns projetos já empregam esta estratégia, como a empresa Nutriorgânica, do Ceará, com área de cultivo de 400 ha, especializada na produção de acerola, coco, maracujá e hortaliças orgânicas (Figura 5).



FIGURA 5: Distribuição de chorume de composto na produção de acerola orgânica. Nutriorgânica/CE.

Substratos à base de composto orgânico para formação de mudas:

Compostos orgânicos de qualidade conhecida, desde que peneirados adequadamente para cada tipo de recipiente, podem ser utilizados em misturas com terra virgem de barranco para a formulação de substratos para formação de mudas de hortaliças. A relação de mistura do composto orgânico dependerá de sua composição de nutrientes. Geralmente, utiliza-se substratos à base de composto puro até diluições em partes iguais com terra (1:1), pois a partir disto os teores de nutrientes diminuem muito.

Outro fato importante é que, ao se utilizar substratos à base de composto, recomenda-se optar por recipientes com maior capacidade volumétrica (acima de 100 cc), pois as células de bandejas comerciais comportam pequeno volume e foram projetadas para substratos organo-minerais, o que tem provocado baixo desenvolvimento de mudas de algumas espécies mais exigentes.

Biofertilizantes líquidos à base de composto orgânico:

O uso de biofertilizantes à base de composto orgânico ou outro resíduo é prática comum e pode ser empregada para suplementar a nutrição das plantas. Dentre estas alternativas tecnológicas, destacam-se o extrato de composto, biofertilizante bovino, supermagro, agrobio, biofertilizantes de ervas e biofertilizante enriquecido.

A biofertilização, em suplementação à adubação orgânica de base no plantio, deve fornecer os nutrientes de maior exigência da cultura comercial. Portanto, uma preparação simples, enriquecida com nitrogênio e potássio, pode melhorar sobremaneira o desenvolvimento vegetativo e produtivo de espécies de hortaliças, como o tomate, pimentão, morango, pepino, dentre outras (Tabela 7).

Componentes para um recipiente de 1000 litros:

Composto orgânico ou esterco bovino curtido	100 Kg
Mamona triturada (folhas, talos, bagas e astes tenras)	50 a 100 Kg
Cinza vegetal	20 a 30 Kg
Água	700 litros

P.S.: A mamona triturada pode ser substituída por outro resíduo vegetal na mesma quantidade ou resíduos agroindustriais (torta de mamona, farelo de cacau, etc).

TABELA 7: Nutrição orgânica do tomateiro com biofertilizante enriquecido, via solo, em cultivo protegido. INCAPER, 2001.

TRAT. por planta	Frutos totais (Kg/ha)		Frutos comerciais (Kg/ha)					Frutos Brocados
	Nº	Peso (g)	Num.	Boca 7	Trat/T (%)	Num.	Boca 8	(%)
Test. (T)	282	64869	66	27550	0,0	94	26906	8,6
50 ml	298	66119	68	30071	9,2	91	25700	6,2
100 ml	298	67775	73	30997	12,5	92	25603	10,6
150 ml	279	67500	72	31950	16,0	94	26263	10,3
200 ml	326	77862	89	38640	40,3	97	31413	5,6

Preparo:

Em um recipiente com capacidade volumétrica de 1000 litros, acrescenta-se o ingrediente da base orgânica (composto ou esterco bovino) e 500 litros de água, fazendo uma pré-mistura. Após homogeneizada esta solução, acrescentar a mamona ou resíduo similar e a cinza vegetal, agitando até nova homogeneização. Completar com água até o volume total do recipiente.

Para evitar mau cheiro advindo da fermentação anaeróbica, esta solução deve ser agitada durante um tempo mínimo de 5 minutos, no mínimo 3 vezes ao dia, ou implantar sistema de aeração com compressores de aquário. Após 10 dias de fermentação, pode-se iniciar a retirada da parte líquida (procedendo um peneiramento fino e/ou coando em telas e panos), sempre após uma pré-agitação, para aplicação nas culturas de interesse.

P.S.: Em função da grande quantidade de partículas em suspensão e da massa resultante no fundo do recipiente, após o uso deste primeiro preparado, pode-se acrescentar novamente 500 litros de água nestes mesmos ingredientes, agitar vigorosamente, e reutilizar este novo preparado com bons resultados. Entretanto, não se recomenda reutilizar mais de uma vez a mistura, pois a concentração dos nutrientes já estará reduzida.

Compostagem orgânica e a fixação biológica de nitrogênio:

Niveis de N em composto orgânico associados à adubação verde:

O emprego de adubos verdes fertiliza o solo e aumenta a produtividade da cultura sucessora em até 50% em cultivos orgânicos de hortaliças. Mesmo assim, menos de 2% dos agricultores orgânicos brasileiros utilizam tal prática de forma planejada. Isto tem comprometido a rentabilidade das culturas e a qualidade comercial das hortaliças. Por este motivo, sistemas de adubação baseados em compostos orgânicos, dependendo do nível de N apresentado, podem necessitar de complementação com sistemas de adubação verde em rotação ou intercalar, para obtenção de melhores resultados.

Cultivos em Alamedas e a adubação com composto orgânico:

Além da redução dos gastos com adubo orgânico no plantio, a tecnologia de cultivos em alamedas formadas por leguminosas arbóreas como a leucena e a gliricídia, podem proporcionar múltiplas funções, como: fixação permanente de nitrogênio, mobilização de potássio no perfil do solo, redução da erosão, quebra-vento, redução nos gastos com irrigação, formação de ambiente e microclima mais apropriado, entre outros (Figura 6).



FIGURA 6: Subprojeto de pesquisa com doses de composto em cultivos orgânicos em alamedas – Incaper, 2011.

O sistema de cultivo em alamedas tem proporcionado melhorias nos rendimentos das culturas e nas características do solo, comprovado em diversos trabalhos, como os estudos da Embrapa, no cultivo de milho (Tabelas 8 e 9).

TABELA 8: Produtividade média de milho, em kg.ha^{-1}, em função da presença e ausência de Leucena associada a níveis de nitrogênio.(Média conjunta de quatro anos) EMBRAPA/CNPMS, Sete de Lagoas, MG,1999.

Nitrogênio Kg.ha^{-1}	Produção em kg. ha^{-1}			
	Sem Leucena	%	Com Leucena	%
0	*2989 c	100	5373 b	178
40	4728 b	158	6193 a	207
80	5698 a	190	6198 a	207
120	5864 a	196	6224 a	208
Média	4820 B		5997 A	

TABELA 9: Fertilidade da camada superficial do solo (0-20cm) em função da reciclagem de nutrientes promovida pela leucena. Embrapa Milho e Sorgo – Sete Lagoas, MG, 1999.

TRAT	*Elementos								
	pH	H+Al ($cmol_c dm^{-3}$)	Al ($cmol_c dm^{-3}$)	Ca ($cmol_c dm^{-3}$)	Mg ($cmol_c dm^{-3}$)	K ($mg dm^{-3}$)	P ($mg dm^{-3}$)	M.O. (%)	Sat. Al (%)
Com Leucena	**5,8**	**4,0**	**0,0**	**4,4**	**0,62**	**95**	**11,5**	**2,8**	**0,0**
Sem Leucena	**5,7**	**4,8**	**0,0**	**3,9**	**0,53**	**35**	**11,5**	**2,4**	**0,0**

MELHORIA DA FERTILIDADE DO SOLO PELA COMPOSTAGEM: 20 anos de estudo

Estudos do Incaper ao longo de 20 anos em sistema orgânico comprovam uma evolução da fertilidade dos solos de forma progressiva e duradoura. O manejo orgânico estabelecido tem sido realizado através da reciclagem de biomassa e restos culturais, baseado na compostagem orgânica, cobertura morta, adubação verde, manejo de ervas espontâneas, rotação de culturas, dentre outras. No período de 1990 a 2010, de dez talhões experimentais, através de amostragens múltiplas realizadas anualmente foram monitorados. Os resultados médios do sistema indicaram elevações significativas do teor de matéria orgânica e do teor de nutrientes, com reflexos positivos na CTC, Soma de Bases e Saturação por Bases. O pH do solo foi elevado pelo manejo orgânico, atingindo níveis adequados para a disponibilização de nutrientes devendo, porém, ser monitorado para evitar a alcalinização do solo. A Figura 7 mostra a evolução dos teores de fósforo durante 20 anos de manejo orgânico.

Podemos afirmar que o manejo orgânico de solos permite melhorar e manter substancialmente suas características químicas ao longo dos anos, com potencial para sustentar excelentes níveis de produtividade.

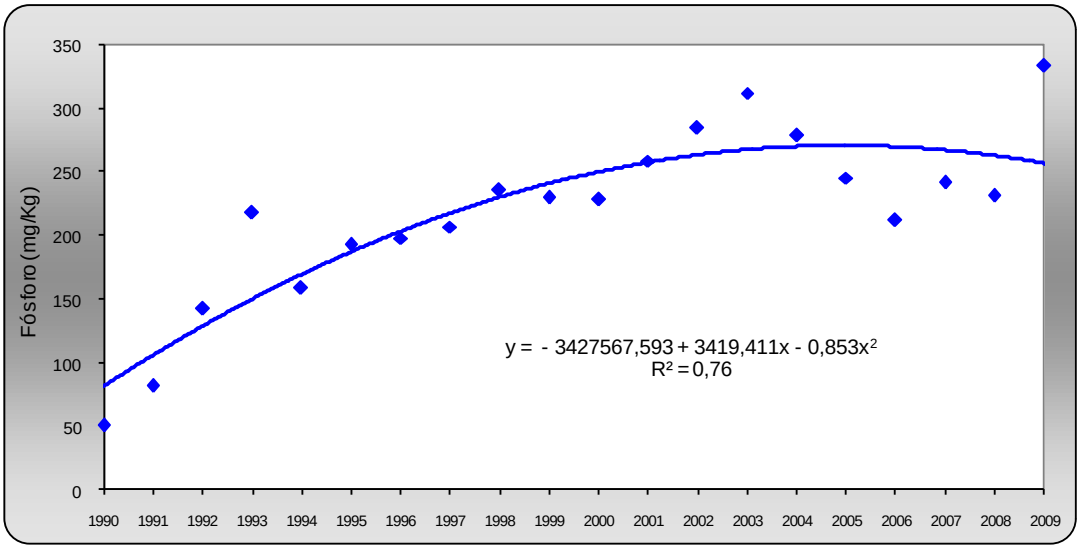


FIGURA 7: Evolução do fósforo nos solos submetidos a manejo orgânico durante 20 anos. Domingos Martins, INCAPER, 2010.

REDUÇÃO DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA

O solo é considerado o principal reservatório temporário de carbono em um ecossistema. Entretanto, o carbono é um componente dinâmico e sensível ao manejo realizado no solo. Seu conteúdo encontra-se estável sob condições de vegetação natural, porém com a quebra do equilíbrio pelo cultivo do solo em preparo convencional, geralmente ocorre redução no seu teor, resultado das novas taxas de adição e de perda.

O solo se constitui num compartimento chave no processo de emissão e seqüestro de carbono, pois em termos globais, há duas a três vezes mais carbono nos solos em relação ao estocado na vegetação e duas vezes mais em comparação à atmosfera. Assim, manejos inadequados do solo podem assumir um papel desastroso, pois podem mineralizar a matéria orgânica e emitir grandes quantidades de GEE para a atmosfera. Isto demonstra o grau de importância que manejos ecológicos de solos representam para o planeta atualmente.

Sistemas orgânicos de produção, em especial aqueles baseados na reciclagem e compostagem orgânica, apresentam alta capacidade de sequestrar carbono atmosférico e fixá-lo no solo, elevando o estoque de carbono ao longo dos anos, de forma duradoura.

Estudos realizados numa área experimental de agricultura orgânica do INCAPER, monitorando anualmente diversas unidades de solo desde 1990, com amostragens múltiplas na camada de 0 a 20 cm de profundidade, registraram um significativo aumento no teor de matéria orgânica (e consequentemente de carbono), durante os últimos 20 anos de cultivo orgânico de hortaliças. Neste estudo, o manejo de matéria orgânica e a fixação de carbono no sistema se deram pela fixação de biomassa em capineiras e adubos verdes (gramíneas e leguminosas), pela ciclagem de resíduos através da importação de esterco de galinha para a compostagem e pelo manejo da vegetação espontânea local.

Verificou-se que o conteúdo (Figura 8) e o acúmulo (Figura 9) de CO2 equivalente, apresentaram elevações durante 20 anos. Os incrementos anuais de CO2 (elevações de um ano para outro) no sistema foram decrescentes, iniciando em 6,81 t ha-1 no 1º ano, chegando a 4,26 t ha-1 no 20º ano (Figura 10). Isto indica que o potencial de seqüestro de carbono tende a diminuir com o tempo, conferindo incrementos menores a cada ano.

Utilizando como referência a emissão anual de 0,0464 Gt CO2 pelas atividades agrícolas brasileiras e fazendo-se uma análise dos dados obtidos no cultivo orgânico de hortaliças nestes últimos 20 anos relatados anteriormente, a fixação anual de 5,61 t CO2, se projetada para a área ocupada com agricultura orgânica no Brasil em 2007 (IFOAM, 2009), somaria 0,0052 Gt CO2, ou seja, representaria 11,20% de toda emissão do setor, mesmo representando apenas 1,33% da área (Tabela 10). Da mesma forma, a projeção de fixação de CO2 para toda a área agrícola brasileira (WWF-Brasil, 2009), baseado nos índices deste trabalho totalizaria 0,3927 Gt, CO2 por ano, o que representaria 8,46 vezes mais toda emissão anual do setor agrícola, relatada por Cerri & Cerri (2007).

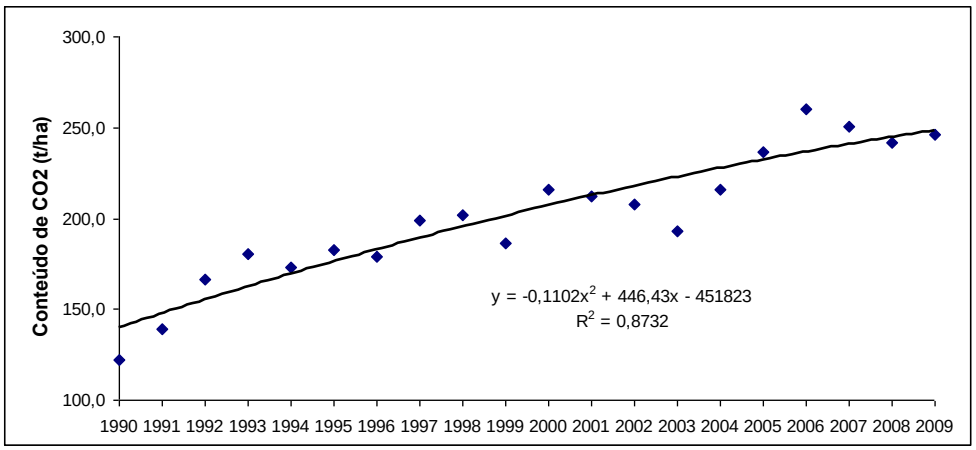


FIGURA 8**:** Conteúdo de CO_2 equivalente, na camada de 0 – 40 cm, em solos agrícolassob manejo orgânico. INCAPER, Domingos Martins, 1990 a 2009.

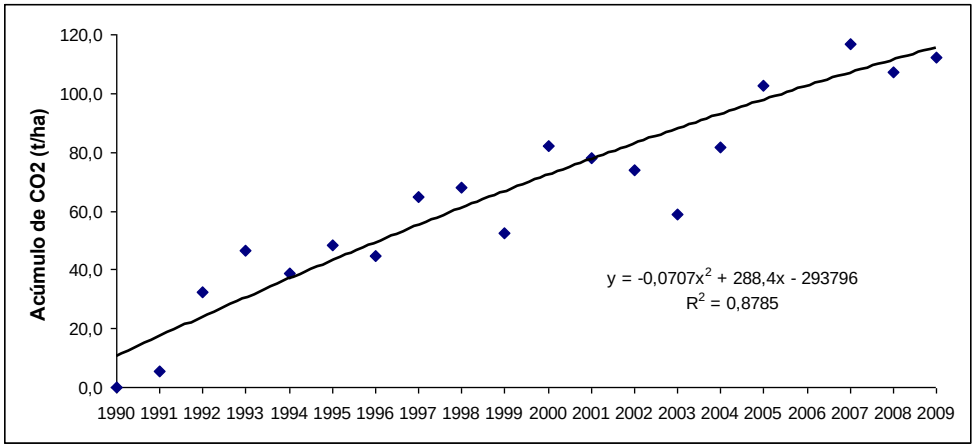


FIGURA 9: Acúmulo de CO_2 equivalente, na camada de 0 – 40 cm, em solos agrícolas sob manejo orgânico. INCAPER, Domingos Martins, 1990 a 2009.

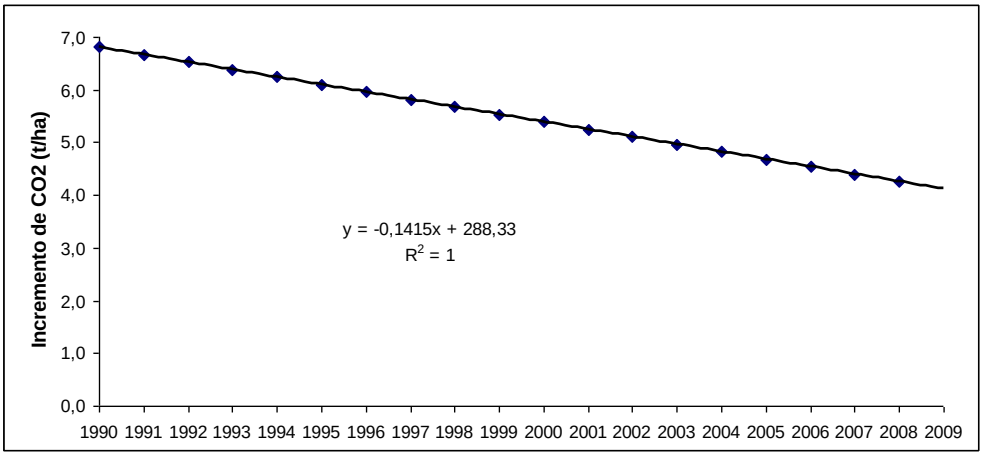


FIGURA 10: Incrementos anuais estimados de CO_2 equivalente, na camada de 0 – 40 cm, em solos agrícolas sob manejo orgânico. INCAPER, Domingos Martins, 1990 a 2009.

TABELA 10: Estimativa de fixação de CO2, em Giga Toneladas (Gt) , na camada de 0 a 40 cm de profundidade, em solos sob manejo orgânico. INCAPER, Domingos Martins, 2010.

Indicador	Período	Áreas		
		Horticultura	**Orgânica[1]**	**Agrícola total[2]**
		1,0 ha	**932.120 ha**	**70.000.000 ha**
		(t)	**(Gt = t 10^9)**	**(Gt = t 10^9)**
CO_2	20 anos	112,13	0,1040	7,8540
	anual	5,61	0,0052	0,3927

[1] Área ocupada com agricultura orgânica certificada no Brasil (IFOAM, 2009).
[2] Soma das áreas da safra 2008/09, ocupadas com grãos, café, fruticultura, cacau, horticultura e cultivos florestais comerciais (WWF-Brasil, 2009).

AUMENTO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A eficiência energética de sistemas orgânicos geralmente são maiores que sistemas convencionais. Isto se deve ao emprego do manejo e reciclagem de resíduos orgânicos e outros recursos naturais, especialmente quando se emprega resíduos locais, produzidos nos ciclos internos da propriedade ou da área de produção. Isto reduzirá os custos e elevará a eficiência energética.

Estudos realizados pelo Incaper, em sistemas orgânicos de produção de 10 culturas olerícolas, comprovaram a maior eficiência de sistemas orgânicos em relação aos sistemas convencionais da região (Tabela 11).

Na Tabela 12 verificamos que o composto orgânico não representa dispêndio energético elevado em relação aos demais componentes do sistema de produção de uma determinada cultura no sistema orgânico, a exemplo do tomate.

TABELA 11: Médias dos balanços energéticos (kcal.kcal^{-1}) das espécies em dois sistemas de produção – Incaper. UFV: Viçosa, 2006.

CULTURAS	BALANÇO ENERGÉTICO (kcal.kcal^{-1})	
	Orgânico	Convencional
Abóbora	1.81 a	0.85 b
Alho	1.72 a	1.20 b
Batata	2.74 a	1.98 a
Batata-baroa	4.38 a	5.17 a
Batata-doce	6.58 a	6.45 a
Cenoura	1.85 b	2.32 a
Couve-flor	1.19 a	1.00 a
Repolho	4.07 a	1.62 b
Taro	3.14 a	2.63 a
Tomate	0.97 a	0.83 b
MÉDIA	**2.78**	**1.93**

TABELA 12: Participação energética porcentual dos componentes para a produção de 1 ha de tomate no sistema orgânico de produção – área experimental do INCAPER. UFV: Viçosa, 2006.

Componentes	Cultivo orgânico do tomate	
	Gastos calóricos (Kcal.ha^{-1})	%
Composto orgânico	**771.000**	**9,2**
Sementes	**9.000**	**0,1**
Caldas e insumos biológicos	**333.179**	**4,0**
Outros insumos	**416.000**	**5,0**
Serviços mecânicos	**183.986**	**2,2**
Serviços manuais	**(399,2 D/H) 1.010.280**	**12,0**
Irrigação	**663.920**	**7,9**
Embalagem	**4.974.480**	**56,1**
Frete	**303.996**	**3,4**
TOTAL	**8.665.631**	**100,0**

BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS

AITA, C.; FRIES, M. R.; GIACOMINI, S. J. Ciclagem de nutrientes no solo com plantas de cobertura e dejetos de animais. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 24. FertBio. Santa Maria – RS, UFSM. CD ROOM. 2000.

CERRI, CC; CERRI, CEP. Agricultura e Aquecimento Global. 2007. Artigo em Hipertexto. Disponível em: http://www.arruda.rits.org.br/oeco/reading/pdf. Acesso:10 jun. 2007.

CAMPOS, A. T.; CAMPOS, A. T. Balanços energéticos agropecuários: uma importante ferramenta como indicativo de sustentabilidade de agroecossistemas. Ciência Rural, Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 87-97, nov./dez. 2004.

COSTA, M. B. B. et al. Adubação verde no Sul do Brasil. AS-PTA, Rio de Janeiro, 346 p. 1993.

FORUM BRASISLEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS - FBMC. 2006. Relatório de atividades 98 p. 2005.

IFOAM. The World or Organic Agriculture: Statistics & emerging trends 2009. Bonn: IFOAM, 307p. 2009.

SANTOS, A.C.V. Biofertilizante liquido: o defensivo agrícola da natureza. EMATER – RIO, Rio de Janeiro, 16p. 1992.

SOUZA, J.L. de. Agricultura Orgânica: tecnologias para a produção de alimentos saudáveis. Vol. 1. Vitória: 189p. 1998.

SOUZA, J.L. de. Agricultura Orgânica: tecnologias para a produção de alimentos saudáveis. Vol. 2. Vitória: 257 p. 2005.

SOUZA, J. L. de. Balanço energético em cultivos orgânicos de hortaliças. Tese de doutorado. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, UFV, 207 p. 2006.

SOUZA, J. L. de; RESENDE, P. Manual de Horticultura Orgânica. 2 ed. Viçosa: Aprenda Fácil Editora, 843 p.: il. 2006.