

ROGÉRIO TOLOY SOLDAN

**CRESCIMENTO DO MILHO (*Zea mays* L.) EM SUBSTRATOS PRODUZIDOS
A PARTIR DE RESÍDUOS DE INDÚSTRIA FARMOQUÍMICA**

MARINGÁ
PARANÁ – BRASIL
ABRIL - 2006

ROGÉRIO TOLOY SOLDAN

**CRESCIMENTO DO MILHO (*Zea mays* L.) EM SUBSTRATOS PRODUZIDOS
A PARTIR DE RESÍDUOS DE INDÚSTRIA FARMOQUÍMICA**

Dissertação apresentada a Universidade Estadual de Maringá como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração: Solos e Nutrição de Plantas, para a obtenção do título de Mestre.

MARINGÁ
PARANÁ – BRASIL
ABRIL - 2006

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá – PR., Brasil)

S684p Soldan, Rogério Toloy
Crescimento do milho (*Zea mays* L.) em substratos produzidos a partir de resíduos da indústria farmoquímica / Rogério Toloy Soldan. -- Maringá : [s.n.], 2006.
55 f. : il. , tabs.

Orientador : Prof. Dr. Antonio Carlos Saraiva da Costa.
Co-orientadores : Prof. Dr. Cássio Antonio Tormena,
Prof. Dr. Antonio Saraiva Munis
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Maringá. Programa de Pós-graduação em Agronomia, 2006.

1. Milho - Produção de matéria seca. 2. Característica química e física. 3. Susbrato. 4. Compostagem. 5. Resíduos. I. Universidade Estadual de Maringá. Programa de Pós-graduação em Agronomia.

Cdd 21.ed. 633.15

ROGÉRIO TOLOY SOLDAN

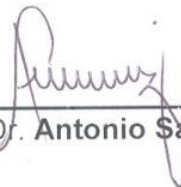
**CRESCIMENTO DO MILHO (*Zea mays* L.) EM SUBSTRATOS PRODUZIDOS
A PARTIR DE RESÍDUOS DE INDÚSTRIA FARMOQUÍMICA**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Maringá, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de Mestre.

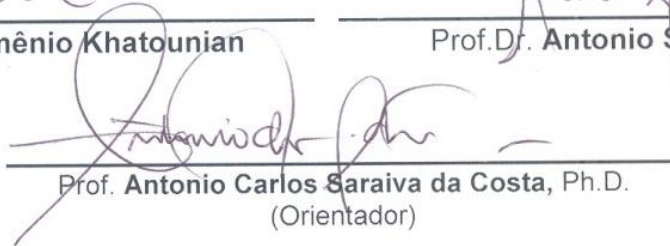
APROVADA em 11 de abril de 2006.



Dr. **Carlos Armênio Khatounian**



Prof. Dr. **Antonio Saraiva Muniz**



Prof. **Antonio Carlos Saraiva da Costa**, Ph.D.
(Orientador)

À minha esposa que me acompanhou nesta caminhada

Ao meu filho que foi a inspiração dos meus dias

Aos meus pais que tanto me incentivaram

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus por me dar paciência nas horas difíceis, sabedoria nos momentos oportunos, forças nos momentos de esgotamento.

Aos funcionários do Laboratório de Solos em especial ao colega Ivan Granemann de Souza Junior pelo grande apoio.

Ao colega Mateus pela valiosa colaboração nos trabalhos laboratoriais.

Ao amigo e professor Antonio Carlos Saraiva da Costa, pelo incentivo e direcionamento nas pesquisas.

À Empresa Farmoquímica Solabiá, pelo apoio e por ceder os materiais pesquisados.

A todos aqueles que de alguma forma colaboraram para o cumprimento de mais esta etapa na vida.

“Aventurar-se causa ansiedade, mas deixar de arriscar-se é perder a si mesmo... Aventurar-se no sentido mais elevado é precisamente tomar consciência de si próprio” (Kier Kgaord).

BIOGRAFIA

ROGÉRIO TOLOY SOLDAN, nascido em São Paulo – SP, em 16 de maio de 1977, filho de Maria Toloy Soldan e Leonel Soldan, ela professora de 1ª à 4ª séries, ele impressor gráfico.

Paulistano de nascimento, paranaense de coração desde os três anos de idade, quando os pais mudam para Cianorte, região noroeste do estado do Paraná.

Começou a trabalhar em 1991, de contínuo, até 1995, quando prestou vestibular para o curso de Agronomia na Universidade Estadual de Maringá. Durante a vida acadêmica participou ativamente do Movimento Estudantil, fazendo parte da Federação dos Estudantes de Agronomia do Brasil. Também desenvolveu projetos de iniciação científica e projetos de ensino.

Formado em fevereiro de 2001, iniciou na profissão como professor em uma escola agrícola. Em 2003 iniciou o curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração: Solos e Nutrição de Plantas, como aluno não-regular, na Universidade Estadual de Maringá. Ingressando como aluno regular no início de 2004 e concluindo o curso em março de 2006. Paralelo ao curso de mestrado trabalhava com Assistência Técnica em Assentamentos de Reforma Agrária em um convênio firmado com o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA).

ÍNDICE

LISTA DE QUADROS	vii
LISTA DE FIGURAS	ix
RESUMO	x
ABSTRACT	xii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 HIPÓTESE DE TRABALHO	3
1.2 OBJETIVOS	3
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1 ATRIBUTOS QUÍMICOS, FÍSICOS E MORFOLÓGICOS DOS MATERIAIS UTILIZADOS.....	4
2.1.1 Cartilagem Animal.....	4
2.1.2 Perlita.....	5
2.1.3 Pó de Basalto.....	6
2.2 ATRIBUTOS QUÍMICOS DE SUBSTRATOS E SEUS EFEITOS NA PRODUÇÃO DE DIFERENTES CULTURAS.....	7
2.3 ATRIBUTOS FÍSICOS DE SUBSTRATOS E SEUS EFEITOS NA PRODUÇÃO DE DIVERSAS CULTURAS	11
2.4 PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA DE DIFERENTES CULTIVOS UTILIZANDO SUBSTRATOS	13
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3.1 PRODUÇÃO DOS SUBSTRATOS.....	16
3.2 ANÁLISE DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DOS SUBSTRATOS	18
3.2.1 Análise de pH.....	18
3.2.2 Análise de porcentagem de Matéria Orgânica (%MO).....	18
3.2.3 Análise de Cálcio (Ca^{2+}), Magnésio (Mg^{2+}) e Alumínio (Al^{3+})	19
3.2.4 Análise da Acidez Pontencial ($H^+ + Al^{3+}$)	19
3.2.5 Análise de Potássio (K^+) trocável, Fósforo (P) e Sódio (Na^+).....	19
3.2.6 Soma de Bases (SB).....	20
3.2.7 Capacidade de Troca Catiônica (CTC)	20
3.2.8 Saturação por Alumínio (Valor m%).....	20
3.2.9 Porcentagem de Sódio Trocável (PST).....	20

3.2.10 Saturação por Bases (Valor V%)	20
3.2.11 Análise de Micronutrientes (Zn, Cu, Fe, Mn)	20
3.2.12 Condutividade Elétrica (CE)	21
3.2.13 Análise do Nitrogênio Total	21
3.3 ANÁLISE DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DOS SUBSTRATOS	21
3.3.1 Densidade do Substrato	22
3.3.2 Porosidade Total	22
3.3.3 Macroporosidade	22
3.3.4 Microporosidade	22
3.3.5 Densidade das Partículas	22
3.3.6 Diâmetro Médio Ponderado	23
3.4 ANÁLISE DA MATÉRIA SECA DA PLANTA	23
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1 ATRIBUTOS QUÍMICOS DOS SUBSTRATOS	25
4.2 ATRIBUTOS FÍSICOS DOS SUBSTRATOS	35
4.3 PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA DO MILHO	39
4.3.1 Influência dos Atributos Químicos na Produção de Matéria Seca da Parte Aérea (MSPA) do Milho (<i>Zea mays</i> , L.)	43
4.3.2 Influência dos Atributos Físicos na Produção de Matéria Seca do Milho (<i>Zea mays</i> , L.)	45
5 CONCLUSÕES	49
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Atributos químicos do material inorgânico Perlita	5
Quadro 2 – Atributos físicos do material inorgânico Perlita.....	6
Quadro 3 – Análise dos atributos químicos e classificação da rocha basáltica encontrada na região de Maringá – PR.	6
Quadro 4 – Principais atributos químicos de substratos para plantas (KÄMPF, 2000).....	8
Quadro 5 – Níveis de nutrientes no solo, determinados por diversos extratores para a cultura do milho (COSTA; OLIVEIRA,1998)	10
Quadro 6 – Principais atributos físicos de substratos para plantas (MINER, 1994; KÄMPF, 2000).	12
Quadro 7 – Proporções dos diferentes materiais orgânicos, inorgânicos e resíduos da indústria farmoquímica utilizados no preparo dos 7 substratos.	16
Quadro 8 – Avaliação dos teores de atributos químicos dos substratos para plantas, usando a metodologia de análise de solos segundo Embrapa (1997); Camargo (1986).....	28
Quadro 9 – Redução de volume nos substratos produzidos, após o processo de compostagem (90 dias).....	36
Quadro 10 – Análise dos valores dos principais atributos físicos dos substratos para plantas produzidos pelo processo de compostagem.	37
Quadro 11 – Valores da avaliação da produção de Matéria Seca do Milho nos diferentes substratos estudados	39
Quadro 12 – Valores da correlação de Pearson (r) dos atributos morfométricos avaliadas na cultura de milho, significativos ao nível de 5%.....	41
Quadro 13 – Valores de correlações de Pearson (r) entre os componentes morfométricos (MSPA, MSR, NFT, ALT) e os atributos químicos dos substratos analisados.	43
Quadro 13 a – Valores de correlações de Pearson (r) entre os componentes morfométricos (MSPA, MSR, NFT, ALT) e os atributos físicos dos substratos analisados.....	45

Quadro 14 – Valores de correlações de Pearson e os atributos físicos dos substratos analisados (DS, DP, PT, MA60, MI60, MA100, MI100).	46
--	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Correlação entre a produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) e da matéria seca radicular (MSR), em relação à massa seca total (MST) do milho utilizando os resultados de todos os tratamentos.....	41
Figura 2 – Correlação entre a produção de altura total de planta(ALT) e da número de folhas total (NFT), em relação à massa seca total (MST) do milho utilizando os resultados de todos os tratamentos.	42
Figura 3 – Correlação entre a densidade do substrato (DS) e o diâmetro médio ponderado (DMP) dos substratos, utilizando os resultados de todos os tratamentos.	46
Figura 4 – Correlação entre a densidade do substrato (DS) e a densidade de partícula (DP) dos substratos, utilizando os resultados de todos os tratamentos.	47
Figura 5 – Correlação entre a densidade de partícula (DP) e diâmetro médio ponderado (DMP) dos substratos, utilizando os resultados de todos os tratamentos.	47
Figura 6 – Correlação entre a porosidade total (PT) e a densidade de partícula (DP) dos substratos, utilizando os resultados de todos os tratamentos.....	48
Figura 7 – Correlação entre o volume de macroporos a 100cm de coluna de água (Ma100), volume de microporos a 100cm de coluna de água (Mi100) e o volume de macroporos a 60cm de coluna de água (Ma60), volume de microporos a 60cm de coluna de água (Mi60) dos substratos, utilizando os resultados de todos os tratamentos.	48

RESUMO

SOLDAN, Rogério Toloy, Universidade Estadual de Maringá, abril 2006. **Crescimento do milho (*Zea mays* L.) em substratos produzidos a partir de resíduos de indústria farmoquímica.** Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos Saraiva da Costa. Co-orientadores: Prof Dr. Cássio Antonio Tormena, Prof Dr. Antonio Saraiva Muniz.

O Brasil produz aproximadamente 242.000 toneladas de resíduos por dia, sendo 76 t depositadas a céu aberto e somente 0,9% reciclados, incluindo a compostagem. A compostagem no Brasil é pouco utilizada como forma de reciclagem, podendo ser uma solução para muitos resíduos. A indústria farmoquímica Solabiá Ltda. localizada no distrito de Floriano, Município de Maringá – PR gera um passivo ambiental na produção de sulfato de condroitina. Dentre outros materiais, a indústria produz resíduos orgânicos (Cartilagem Animal) e inorgânicos (Decalite). Estes materiais, após serem processados, e aliados a outros, podem formar um substrato para o cultivo das plantas. O objetivo deste trabalho foi avaliar os atributos químicos e físicos de substratos produzidos a partir da compostagem destes resíduos com outros materiais orgânicos e seus efeitos na produção de matéria seca do milho. Para tanto foram montados, dois experimentos: O primeiro foi composto por sete unidades de compostagem onde foram misturadas, em diferentes proporções e combinações: Bagaço de Cana (BC), Esterco Bovino (EB), Cartilagem Animal (CA), Decalite (DC), Areia (AR) e Pó de Basalto (PB), em vasos de plásticos de 22 litros. Após o processo de compostagem foi realizada a caracterização dos atributos químicos e físicos dos substratos produzidos. No segundo experimento foi utilizado 1 litro de substrato de compostagem para avaliar a produção de matéria seca do milho. O experimento possuiu um delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições e os sete substratos produzidos. Além destes, também foram avaliados outros dois materiais: Húmus de minhoca e Plantmax®, em que foram cultivadas duas plantas de milho, por vaso. Cinquenta dias após a germinação foi realizado o corte das plantas e avaliado os seguintes atributos morfométricos: i) o tamanho da planta, ii) número de

folhas, iii) peso de matéria seca da parte aérea, raiz, e total do milho. A análise dos resultados dos atributos químicos mostrou que Cartilagem Animal e o Decalite são bons componentes para a formação dos substratos por favorecerem alguns atributos químicos (P, Ca, etc) e físicos (densidade), respectivamente. O substrato onde foi adicionado Pó de Basalto apresentou grandes dificuldades para o desenvolvimento da planta em função dos seus atributos físicos. A alta condutividade elétrica, encontrada nos diferentes substratos, é devido à adição de NaCl e NaOH à Cartilagem Animal no seu processamento industrial. Os substratos formados a partir de BC+EB, BC+EB+CA; BC+EB+CA+DC, BC+EB+CA+AR e EB+CA, apresentaram atributos químicos e físicos intermediários que resultaram na maior produção de matéria seca do milho. Já os substratos formados a partir de BC+CA e BC+EB+CA+PB apresentaram os piores parâmetros químicos e físicos que resultaram nas menores produções de matéria seca do milho.

Palavras-chave: matéria seca, substratos, resíduos

ABSTRACT

SOLDAN, Rogério Toloy. State University of Maringá, April 2006. **Maize (*Zea mays* L.) growth in soil less media produced from residues of the pharмоchemistry industry.** Adviser: Antonio Carlos Saraiva da Costa, Ph. D.. Co-advisers: Dr. Cássio Antonio Tormena, Dr. Antonio Saraiva Muniz.

Brazil produces approximately 242,000 tons of residues per day, being 76 t deposited in open sky and only 0.9% is recycled, including composting. Composting in Brazil is little used as a recycling strategy, but can be a solution for many residues. The pharмоchemistry industry Solabiá Ltda. located in the district of Floriano, City of Maringá – Paraná - Brazil, generates hazardous residues in the condroitin sulphate production. Amongst other materials, the industry produces organic (Animal Cartilage) and inorganic residues (Perlite). These materials, after being processed, and with others, can form a soil less media for plants. The objectives of this work were to evaluate the chemical and physical attributes of soil less media produced from the composting of these residues with other organic materials and their effect in the maize dry matter. In order to attain these objectives two sets of experiments were organized. The first one was composed of seven composting units where was mixed, in different ratios and combinations: Sugar Cane Bagasse (BC), Bovine Manure (EB), Animal Cartilage (CA), Basalt Rock (BA), Perlite (DC), and Sand (AR), in plastic vials of 22 liters. After the composting process was carried, the soil less media produced was characterized in their chemical and physical attributes. In the second experiment, 1 liter of composted soil less media was used to evaluate the maize dry matter production. The experiment was completely randomized design with four repetitions and the seven produced soil less media. Beyond these, two other soil less media were also evaluated: Earthworm Humus and Plantmax®, where two plants of maize per vase were cultivated. Fifty days after the germination, the plants were cut and evaluated the following morphometric attributes: plant size, number of leaves, maize dry matter weight of the aerial part, root, and total. The analysis of the results of the chemical

attributes showed, respectively, that the Animal Cartilage and the Perlita are good components for the formation of soil less media for favoring some chemical (P, Ca, etc) and physical (density) attributes. The soil less media that received Basalt Rock presented great difficulties for the development of the plant in function of its physical and chemical attributes, such as the high electric conductivity found in the different substrates is due to the addition of NaCl and NaOH to the industrial processing of the Animal Cartilage. The substrate formed from BC+EB, BC+EB+CA; BC+EB+CA+DC, BC+EB+CA+AR and EB+CA, presented intermediate chemical and physical attributes that resulted in the biggest maize dry matter production.

Keywords: dry matter, residues, soil less.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil produz aproximadamente 242.000t de resíduos por dia, sendo 76.000t depositados a céu aberto e somente 0,9% reciclado, incluindo a compostagem, que no Brasil é pouco utilizada como forma de reciclagem.

O desenvolvimento das indústrias farmoquímicas produtoras de sulfato de condroitina como componente de fármacos e produtos de beleza, em nosso país, se deu, principalmente, pelo grande mercado existente e pela abundância de matéria prima necessária à sua produção. A indústria farmoquímica Solabiá Biotecnológica Ltda, produz o sulfato de condroitina a partir da hidrólise enzimática da Cartilagem Animal, gerando seis resíduos: Cartilagem Animal, Auxiliar Filtrante (Perlita), Solução Protéica (Peptona), Vinhaça, Borra e Lodo Biológico.

Os resíduos orgânicos estudados neste trabalho se limitarão a Cartilagem Animal e ao Auxiliar Filtrante (Perlita). Estes resíduos são ricos em nutrientes, entretanto, se aplicados à agricultura, *in natura*, sem um processamento prévio, não atendem às necessidades das culturas, deixando de ser fonte de nutrientes, tornando-se fonte poluidora, pois são produtos que para se decompor exigem uma elevada demanda biológica de oxigênio, além de possuírem altos teores de Nitrogênio e Sódio. A Cartilagem Animal é um material orgânico, rico em nitrogênio, que depois de sua utilização torna-se um passivo ambiental. Uma possível solução para este passivo é a sua transformação associada a outros materiais, orgânicos e inorgânicos, em substratos para plantas. O Decalite é um material inorgânico, também conhecido como Perlita, produzido a partir de expansão em altas temperaturas (> 1000 °C) do pó fino de rochas vulcânicas ácidas, sendo material utilizado na filtragem dos produtos da hidrólise enzimática da Cartilagem Animal.

Os substratos comerciais utilizados em plantas ornamentais e em mudas hortícolas devem apresentar atributos favoráveis ao desenvolvimento das plantas, devido às funções que assumem. Os substratos comerciais são compostos por materiais orgânicos e inorgânicos. Em grande parte dos materiais comerciais convencionais encontramos como componente principal serragem ou maravalha,

previamente compostada, principalmente de pinus. Os materiais inorgânicos mais encontrados nos substratos comerciais são a Vermiculita, Solo e Areia.

Um bom substrato deve apresentar atributos físicos como: grande quantidade de poros, alta capacidade de retenção de água, boa drenagem, e estrutura para suporte das plantas. Além disso, os atributos químicos são também fundamentais para o sucesso dos materiais produzidos. Na agricultura atual modifica-se a condição química do solo, através da adubação, calagem visando maximizar a produção vegetal. Na fabricação de substratos não é diferente. Também, busca-se otimizar as condições químicas específicas para cada espécie ou ainda, pode-se preparar um substrato que atenda minimamente a maioria das plantas.

Alguns substratos comerciais podem ser produzidos através da simples mistura de materiais orgânicos e inorgânicos. Para outros há a necessidade de se transformar os componentes através de tratamentos ou processos químicos como a compostagem.

A utilização de resíduos compostados na agricultura tem sua origem de longa data. Seu início, na Europa, utilizava restos de animais e vegetais decompostos naturalmente. Quando o processo é bem conduzido, não oferece risco algum, não justificando barreiras para sua utilização. Resíduos compostados favorecem, quando utilizados diretamente ao solo, a recomposição da micro fauna, reativando a biocenose do solo, favorece a reestruturação física no que diz respeito à macro e micro porosidade, melhoram a ciclagem dos nutrientes, dentre tantos outros benefícios. Quando utilizados como substrato para plantas, apresentam uma boa capacidade de retenção de água, facilidade para o desenvolvimento das raízes, pronta disponibilidade de nutrientes, além do custo acessível.

A expressão composto vem a muito sendo utilizada para designar os condicionadores de solo preparados pelo amontoado de restos vegetais e animais, ricos em substâncias nitrogenadas, misturadas com outros resíduos vegetais ricos em carbono. A finalidade desta mistura é conduzir os materiais a uma fermentação, levando a um processo de decomposição microbiológica, resultando na humificação total ou parcial dos materiais. Portanto, composto é o resultado de um processo de decomposição bioquímica de materiais orgânicos, transformados em um produto mais estável, o húmus. O processo de transformação dos materiais é semelhante

ao que acontece na natureza, somente que se procura dar ao meio condições para acelerar a decomposição.

No intuito de equacionar os problemas causados, enfocando a viabilização econômica, por alguns resíduos sólidos e líquidos, produzidos pelas empresas farmoquímicas, aponta-se para o processo de compostagem dos resíduos orgânicos e inorgânicos, como a solução mais viável.

1.1 Hipótese de Trabalho

Resíduos orgânicos (Cartilagem Animal) e inorgânicos (Decalite), produzidos pela indústria farmoquímica, após compostagem com outros diferentes materiais orgânicos (Esterco Bovino e Bagaço de Cana) e inorgânicos (Areia, Pó de Basalto) poderão formar substratos que apresentem atributos químicos e físicos desejáveis para o cultivo de diferentes culturas.

1.2 Objetivos

Avaliar a possibilidade da utilização da Cartilagem Animal e Decalite como componentes de substratos através do processo de compostagem.

Avaliar os atributos químicos e físicos dos substratos produzidos e seus efeitos na produção de matéria seca do milho.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A primeira produção de um substrato artificial, seguindo normas técnicas, ocorreu no Instituto de Horticultura John Innes, na Inglaterra em 1939 (Bunt, 1961), sendo composto por Turfa, Areia, Superfosfato, Sulfato de Potássio e Carbonato de Cálcio.

Um substrato ou o produto final da compostagem de resíduos, para ser considerado desta categoria, deve seguir o art. 3º do decreto nº 86.955 da Presidência da República, de 18 de fevereiro de 1982, alíneas c, d, e, onde afirma que os fertilizantes orgânicos terão a classificação orgânico simples, organo-mineral e composto. Não necessita de registro fertilizantes orgânicos que não forem industrializados. Os produtos orgânicos deverão ser mencionados por seu nome vulgar e apresentar ausência de fitotóxicos e patógenos nocivos aos homens e às plantas, não podendo ser fonte de contaminação de plantas daninhas e pragas.

Segundo Miner (1994), a base dos substratos é fundamentalmente o teor de material orgânico. Materiais orgânicos de madeira compostados ou não como Casca de Pinus, Fibras de Coco interferem diretamente sobre os atributos físicos e químicos de um substrato (Verdonck et al., 1983).

2.1 Atributos Químicos, Físicos e Morfológicos dos Materiais Utilizados.

2.1.1 Cartilagem Animal

A utilização de resíduos animais como componente de processos de compostagem é de longa data. A compostagem de carcaças de aves e de resíduos de frigoríficos é uma solução encontrada para este passivo ambiental. As cartilagens animais e principalmente os ossos apresentam em sua composição aproximadamente 70% de Fosfato de Cálcio e o mineral Hidroxoapatita (FIELD, 1999). Benedek (2005), estudando cartilagens humanas, semelhantes à cartilagem animal, afirma que a cartilagem é uma substância uniforme, compacta, de coloração branca.

A Perlita é uma rocha vulcânica amorfa, silicosa, semelhante quimicamente à obsidiana de coloração cinza claro a preto com leve transparência, contendo de 6 a 8% de água em sua estrutura, que quando aquecida de 850 – 900°C ocorre o processo de expansão, aumentando de 7 a 20 seu volume inicial. O material expandido apresenta cor branca e brilhante. A rocha de Perlita é quimicamente inerte com pH próximo a 7. Os atributos químicos e físicos da Perlita podem ser observados no quadro 1 e no quadro 2.

Quadro 1 – Atributos químicos do material inorgânico Perlita

Elemento*	Porcentagem
Silício	33,8
Alumínio	7,2
Potássio	3,5
Sódio	3,4
Ferro	0,6
Cálcio	0,6
Magnésio	0,2
Traços de outros elementos	0,2
Oxigênio (por diferença)	47,5
Total de Elementos	97,0
Água extrural	3,0
Total	100,0

Os elementos foram determinados na sua forma elementar, mesmo que o encontrado na Perlita seja minerais silicatados mistos.

2.1.2 Perlita

A Perlita possui muitas aplicações. É utilizada na agricultura, em construções, na indústria siderúrgica, na indústria farmoquímica etc. Na agricultura pode ser usada como parte componente de substratos para a produção de mudas arbóreas e olerícolas, na produção de flores e também como veículo de agrotóxicos para a peletização de sementes. Em construções a Perlita é usada, por ser um material amorfo, leve e de baixa densidade, para o preenchimento de poros que podem ocorrer nas estruturas de concreto.

Quadro 2 – Atributos físicos do material inorgânico Perlita.

Característica	Valores
Cor	Branco
Índice de refração	1,5
pH (em água)	6,5 – 8,0
Densidade (expandido)	0,032 – 0,40 g cm ⁻³
Ponto de expansão	871-1093°C
Ponto de fusão	1260-1343°C
Specific Heat	0,2 Btu/lb·°F (387 J/kg·K)
Solubilidade	Solúvel em solução alcalina concentrada e moderadamente solúvel (<10%) em 1N NaOH ligeiramente solúvel (<3%) em ácidos mineral (1N) facilmente solúvel (<1%) em água ou ácidos fracos

A utilização da Perlita pelas indústrias farmoquímicas, se dá principalmente no auxílio a filtrações. Nas indústrias produtoras de aço é usada para dar maior resistência ou flexibilidade e também usada como polidor.

2.1.3 Pó de Basalto

O Pó de Basalto é o resíduo da britagem de rochas basálticas. Esse material é encontrado em abundância na região de Maringá, onde há quatro pedreiras comerciais e cujo solo tem origem deste tipo de rocha. Este material inorgânico apresenta composição química variada de acordo com o local de origem da rocha, apresentando basicamente de Plagioclásios Cálcicos, Anfibólios, Piroxênios, Magnetitas etc. O quadro 3 traz a composição química do Pó de Basalto, de acordo com De La Roche (1980), citado por Costa (1995).

Quadro 3 – Análise dos atributos químicos e classificação da rocha basáltica encontrada na região de Maringá – PR

Classificação	Elementos (%)									
	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃
Andesito Basáltico	2,03	4,97	12,7	50,0	0,29	1,27	8,83	2,45	0,19	15,2

Na₂O – Óxido de Sódio; MgO – Óxido de Magnésio; Al₂O₃ – Óxido de Alumínio; SiO₂ – Óxido de Silício; P₂O₅ – Fosfato; K₂O – Óxido de Potássio; CaO – Óxido de Cálcio; TiO₂ – Óxido de Titânio; MnO – Óxido de Manganês; Fe₂O₃ – Óxido de Ferro.

2.2 Atributos Químicos de Substratos e seus Efeitos na Produção de Diferentes Culturas

A produção de mudas hortícolas, mudas de espécies florestais, e de flores dependem amplamente dos atributos químicos dos substratos. O sucesso de um cultivo depende que o substrato utilizado forneça de forma satisfatória os nutrientes para os estágios iniciais das plantas ou para a manutenção durante seu ciclo (MINER, 1994). A quantidade de elementos químicos disponíveis as plantas nos substratos é o principal fator de variação no desenvolvimento destas.

Costa et al. (2005), estudaram a aeração na compostagem de Carcaça de Aves e concluíram que a compostagem de carcaça é uma solução viável para o passivo ambiental gerada por abatedouros de frangos, sendo necessário dois estágios de compostagem para garantir a biossegurança. Neste caso a aeração colaborou com o aumento da velocidade da metabolização da Matéria Orgânica. Jahnel et al. (1999), verificaram que o lixo urbano após 52 dias de compostagem, a Matéria Orgânica e a relação C/N diminuem, enquanto que o pH, o nível de CO₂ e o teor de P e N aumentam.

Segundo Pereira; Martinez (1999), a incorporação de resíduos orgânicos e inorgânicos ao substrato potencializa sua capacidade física e química. Backes; Kampf (1991) consideram que um substrato deva conter materiais sólidos capazes de fornecer nutrientes em quantidade satisfatória para nutrir as plântulas ou estacas, com uma boa aeração.

Vidigal et al. (1995), afirmam que a Matéria Orgânica adicionada ao solo na forma de adubos orgânicos, de acordo com o grau de decomposição dos resíduos pode ter efeito imediato no solo e/ou efeito residual, por meio de um processo mais lento de decomposição. Já Pahlevi et al. (2005) estudaram o efeito residual da adubação com composto, influenciando nas atributos químicas das folhas de alface, observando que houve um aumento nos teores de proteína bruta, fósforo, potássio e magnésio, não ocorrendo interação entre as doses de Composto Orgânicos e a presença de adubo mineral.

A composição do lixo urbano é na ordem de 50% de Matéria Orgânica que pode ser transformada em húmus. Andriolo et al. (1997), concluíram que a adição de P₂O₅ e K₂O a substratos segue uma relação de quanto menor o volume de

substrato, maior a dose de fertilizante. Lima (1986) estudou 2 substratos, Vermiculita + Casca de Arroz e Vermiculita + Casca de Pinheiro, encontrando os melhores resultados para o primeiro no enraizamento de plantas ornamentais.

Bernardi et al. (2000) avaliaram o desenvolvimento de mudas de citros cultivados em um substrato a base de Casca de Pinus, Vermiculita e Perlita adicionado de doses crescentes de NPK, encontrando um efeito inibidor, das doses crescentes de adubação potássica, sobre a absorção de Ca e Mg.

Kampf (2000) afirma que as propriedades mais importantes na preparação de um substrato, a partir de compostos orgânicos são: a condutividade elétrica e o pH. Segundo Cooseman (1983) certos resíduos podem ser ricos em NPK, não necessitando de fertilização inorgânica.

Segundo Carrijo et al. (2002) a Fibra de Coco Verde pode ser utilizada como substrato para produção de tomate, em cultivo sem solo, necessitando de enriquecimento mineral em pré-plantio ou em fertirrigação.

A compostagem da vinhaça e restos de algodão leva 20 a 35 dias para sua estabilização apresentando produtos com propriedades químicas ideais, baixa biodegradabilidade e reduzidas perdas de N (DIAZ et al., 2003). Prochnow et al. (1995) estudaram a perda de amônia nos processos de compostagem de esterco, a adição de fosfogesso e superfosfato simples diminuíram a volatilização e quanto maior a dose maior era a retenção da amônia, entretanto o fosfogesso teve um melhor resultado devido a presença do gesso.

A Turfa é um material orgânico que melhora as propriedades químicas (CTC e salinidade) e possui grande poder tampão (Kampf, 2000).

Benito et al. (2005) estudando os atributos químicos e físicos de um composto originado de restos de podas de árvores, observaram que os valores de pH entre 8,2 e 8,9 estavam acima do proposto na literatura (KAMPF, 2000).

Quadro 4 – Principais atributos químicos de substratos para plantas (KÄMPF, 2000).

Propriedades Químicas	Nível Ótimo
pH (extrato de saturação)	5,2 – 6,3
Condutividade elétrica (extrato de saturação dS/cm)	0,75 – 3,49
Cinzas (% mineral)	< 20
Matéria orgânica (%)	> 80
Relação C/N	20 – 40

A avaliação dos atributos químicos de substratos é tema de muitos estudos. Entretanto não existem, na literatura, métodos que podem ser considerados como padrão. Miner (1994) afirma que todos os métodos de análises de nutrientes em substratos se baseiam na extração dos nutrientes, variando apenas o tipo de extração. A análise de atributos químicos de substratos pode ser feita através por extrato de saturação encontrados no Quadro 4 (KAMPF, 2000), mas também pode ser usado o método holandês que usa uma solução aquosa 1:1, 5 v/v e o método inglês que usa uma solução aquosa 1:6 v/v. Como ainda não existe um padrão, utiliza-se com frequência a mesma metodologia utilizada na análise dos atributos químicos dos solos.

Os valores dos atributos químicos no solo, a partir da análise de solo, segundo Costa; Oliveira (1998) encontra-se no quadro 5.

Quadro 5 – Níveis de nutrientes no solo, determinados por diversos extratores para a cultura do milho (COSTA; OLIVEIRA, 1998).

<i>Acidez</i>		<i>Níveis</i>	<i>Carbono</i>	<i>Matéria Orgânica</i>	<i>Ca</i>	<i>Mg</i>	<i>K</i>	<i>CTC</i>	<i>P</i>	<i>Cu</i>	<i>Fe</i>	<i>Mn</i>	<i>Zn</i>		
pH CaCl₂		pH em H₂O		g dm³		cmol_c dm⁻³			mg dm^{-3*}						
<i>M. Alta</i>	< 4,3	<i>M. Alta</i>	< 4,5	<i>M. Baixo</i>	<8	< 14	-	< 0,4	-	< 5,0	-	<0,4	<15,0	<4,0	<0,8
<i>Alta</i>	4,4 - 5,0	<i>Média</i>	4,6 – 5,0	<i>Baixo</i>	8 – 14	14 –25	< 2,0	0,4 – 0,6	<0,10	5,0 – 8,0	< 3,0	0,5 -1,5	16,0 – 40,0	5,0 – 8,0	0,9 – 1,5
<i>Média</i>	5,1 – 5,5	<i>Fraca</i>	5,1 – 6,0	<i>Médio</i>	14 – 20	26 – 35	2,1 – 4,0	0,6 – 0,8	0,11 – 0,30	8,0 –15,0	3,1 – 7,0	1,6 – 2,0	40,1 – 60,0	9,0 – 12,0	1,6 – 2,0
<i>Baixa</i>	5,6 – 6,0	<i>Neutra</i>	6,1 – 7,0	<i>Alto</i>	20 – 35	36 – 60	> 4,1	> 0,8	0,31 – 0,60	15,0 – 20,0	> 7,0	>2,0	> 60,1	> 12,1	> 2,1
<i>M. Baixa</i>	>6,0	<i>Alcalina</i>	> 7,1	<i>M. Alto</i>	> 35	> 60	-	-	> 0,60	> 20,0	-	8,0	300,0	150,0	30,0

Ca – Cálcio; Mg – Magnésio; K – Potássio; CTC – Capacidade de Troca Catiônica; P – Fósforo; Cu – Cobre; Fe – Ferro; MN – Manganês; Zn – Zinco.

Warman; Termeer (2004) avaliaram a aplicação de resíduos compostados à cultura de milho e forragem durante dois anos, concluíram que os resíduos compostados aumentaram a concentração de P, N e K, no solo e na cultura. Em uma segunda fase do experimento, os mesmos autores avaliaram os níveis de Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu, Zn e B e observaram um aumento nos níveis de todos os elementos estudados, em especial para Ca, Fe, Cu, Zn e Mn na forragem e Mn e Zn no milho.

2.3 Atributos Físicos de Substratos e seus Efeitos na Produção De Diversas Culturas

Os atributos físicos em substratos são fatores fundamentais para o bom desempenho de mudas e de flores. Segundo Miner, os substratos devem apresentar uma boa capacidade de retenção de água, entretanto sem encharcamento. A avaliação dos atributos físicos de substratos é realizada utilizando a mesma metodologia utilizada na análise física de solos, podendo ser considerada como padrão, pois foi a metodologia que melhor expressa os atributos físicos dos substratos. No quadro 6, podem-se observar os níveis ótimos dos principais atributos físicos proposto por Miner (1994) e Kämpf (2000).

Kampf et al. (1999) estudaram a penetração das raízes em Areia, Perlita, Turfa, Fibra de Coco e 4 substratos comerciais e observaram que a penetração das raízes está relacionada com a densidade de empacotamento, bem como da umidade da amostra. Bosa et al. (2003) avaliaram diferentes substratos para o w de mudas gipsofila (*Gypsophila paniculata*), sendo que os substratos a base de Casca de Pinus + Perlita + Turfa e Perlita + Turfa apresentaram o melhor desenvolvimento e aclimatização de gipsofila.

Schmitz et al. (2002) estudando os atributos químicos e físicos de substratos a partir de Turfa, Casca de Arroz Carbonizada, resíduo decomposto de casca de Acácia negra (*Acácia mearsii*, De Wild.), resíduo semi-decomposto da extração de tanino (componentes orgânicos), solo (PVd) e Areia (componentes minerais), observaram que todos os materiais e suas combinações apresentaram propriedades distintas daquelas consideradas como ideais para um substrato

(KAMPF, 2000). Neste experimento os atributos que mais se distinguiram foram a CTC, os Teores de Carbono Orgânico, a Densidade Seca e a Porosidade Total.

Quadro 6 – Principais atributos físicos de substratos para plantas (MINER, 1994; KÄMPF, 2000).

Propriedades Físicas	Nível Ótimo
Granulometria (mm)	0,25 – 2,50
Densidade (g/cm ³)	< 0,4
Densidade real (g/cm ³)	1,42 – 2,65
Porosidade total (% em volume)	> 85%
Retenção de água (% em volume) a 10 cm	55 – 70
a 50 cm	31 – 40
a 100 cm	25 – 31
Capacidade de aeração (% em volume)	10 – 30
Água disponível (% em volume)	24 – 40
Contração (% em volume)	< 30

O substrato Plantmax® tem bons atributos físicos, mas depende de complementação dos atributos químicos com o objetivo de produzir mudas de café, plantas ornamentais, frutíferas, olerícolas e exóticas. Um substrato a base de Areia e Serragem teve um bom resultado no enraizamento de ameixa (DUTRA, 1996). Já Trani et al. (2004), avaliando a produção de mudas de alface, observaram que o substrato comercial Plantmax® HA foi o que apresentou melhores resultados.

Theodoro et al. (2002) estudando os atributos físicos de um latossolo vermelho-escuro sob o cultivo de café em sistema orgânico (O), convencional (CV) e em fase de conversão (E) e sob mata nativa (MN) observaram que os atributos analisados necessitariam de um maior tempo para expressar grandes mudanças, encontraram valores de Matéria Orgânica variando de 3,9 (CV) a 3,08% (MN). Os mesmos autores encontraram valores de densidade de partícula que variaram de 2,70 (CV) a 2,60 g cm⁻³ (E, MN), a porosidade total (VTP) variou de 42,75 (CV) a 53,93 (MN), já a macroporosidade variou de 14,18 (CV) a 19,55% (E) e a micro porosidade variou de 40,90 (CV) a 26,68% (E).

Stringheta et al. (1999) observaram que o lixo urbano compostado quando adicionado em maior proporção que a Casca de Arroz Carbonizada aumentou a densidade, reduziu a porosidade total, aumentou os microporos e a retenção de água na produção de substratos para plantas ornamentais.

Estudando o efeito do manejo do solo nas propriedades físicas de um Cambissolo Húmico, Bertol et al. (2001) observaram que o Diâmetro Médio Ponderado (DMP) sofre influência direta da quantidade de matéria orgânica encontrada no solo, e que este, neste estudo não influenciou a produção de matéria seca. A Turfa é um material orgânico que melhora os atributos físicos, a densidade, a porosidade, a retenção de água (Kampf, 2000).

Pokorny (1987) detectou que um substrato contendo Casca de Pinus como principal componente orgânico, retém menos água do que um que contenha Turfa. Bellè e Kampf (1993) estudando o desenvolvimento de mudas de pinus em tubetes, concluíram que o melhor substrato foi a mistura de Turfa com Vermiculita.

Segundo Kampf (2000) o vermicomposto (Húmus de minhoca), pode também ser utilizado em substrato, porém com algumas restrições, podendo apresentar alta densidade, pouca aeração, alta retenção de água (muitos microporos) e excesso de salinidade, de acordo com o resíduo orgânico que a minhoca utilizar como alimento, mas tem sido usado como um bom condicionador de solo. A Vermiculita também é usada como parte de substrato.

A Areia também é utilizada como substrato mineral (quartzo e silicatos) e, além de possuir boa drenagem, é quimicamente inerte, porém retém pouca água, tem alta densidade e diminui a aeração (Kampf, 2000).

Benito et al. (2005), observaram que a porosidade total variou de 88,2 a 93,9%. Já Bougol et al. (2005) estudando 2 tipos de substratos comerciais que em sua composição apresentavam derivados de rochas, encontraram porosidade total na ordem de 96,7 – 97,6%, valores próximos aos encontrados por Gruda et al. (2004) e superiores aos ideais propostos por De Boot; Verdonck (1972).

2.4 Produção de Matéria Seca de Diferentes Cultivos Utilizando Substratos

Verdonck et al. (1983) obtiveram bons resultados com a combinação de Turfa + Perlita no enraizamento da Calanchoe. Avaliando diferentes substratos na produção de grama esmeralda em bandejas, Salvador; Minami (2002) avaliaram oito substratos formados a partir da combinação de Casca de Arroz Carbonizada,

Vermiculita, Composto Orgânico observaram que os substratos Plantagro® e Casca de Arroz Carbonizada e Vermiculita (1:1) apresentaram-se mais adequados para o cultivo de gramíneas.

Melo (1989) estudou a viabilidade de utilização de diferentes substratos para o cultivo de mudas de eucalipto e os resultados mostraram que a melhor proporção foi de 80% parte orgânica e 20% parte mineral, com a composição de Vermiculita, Moinha de Carvão, Composto Orgânico, Turfa e Solo, mas que também um substrato com 60% de Bagaço de Cana e 40% de Torta de Filtro foi um bom substrato para a produção de mudas de eucaliptos. Trigueiro; Guerrini (2003) observaram que o uso de biossólido e Casca de Arroz como substrato na produção de eucalipto, era viável na proporção de 50% de cada constituinte, apresentando desenvolvimento semelhante as mudas cultivadas no tratamento testemunha (substrato Multiplant ®).

Costa et al. (1989) testaram um substrato com 30% de Esterco Bovino, 50% de terra, 20% de Vermiculita, 5 kg de Superfosfato Simples e 1 Kg de KCl, obtendo boa produção de mudas de café em bandeja. O substrato ideal para a produção de crisântemo deve ser composto por Solo, Areia, Casca de Arroz Carbonizada (STRINGHETA et al., 1997). A combinação entre Turfa vermelha e o Resíduo de Casca de Acácia, apresentaram característica mais favorável ao cultivo de mudas em recipientes.

Loures et al. (1998) testaram um substrato composto por Esterco Suíno, solo e Solomax ® (substrato comercial) na proporção 5:5: 1 v/v/v verificaram que a produção de tomates no substrato, foi igual à produção em solo.

Souza et al (2005) estudando o cultivo de alfaces sob o resíduo da adubação com composto orgânico, observaram que os teores de proteína bruta e fósforo aumentaram em função do aumento da dose composto orgânico aplicada, não observaram interação entre as doses de composto orgânico e a presença de adubos minerais.

Menezes Junior; Fernandes (1999) estudaram oito substratos (2 comerciais, 1 preparado pela Emater – RS e 5 pela mistura de Turfa, Esterco e Solo) na produção de mudas de couve-flor e concluíram que os melhores resultados foram apresentados pelos substratos formados a partir da mistura de Turfa, Esterco e Solo, substratos que apresentaram melhores condições físicas e químicas.

O enraizamento de estacas de café (*Coffea arábica*, L.) para plantas genótipo elite, torna-se viável, principalmente se o substrato usado for Composto Orgânico (a partir de restos de gramíneas) (PEREIRA et al., 2002).

O uso de pó de rocha vem sendo estudado com maior frequência para a aplicação direta ao solo. Kudla et al. (1996) estudaram a ação do Pó de Basalto da localidade de Nova Santa Rosa – PR aplicado a um Cambissolo álico no crescimento do trigo, os autores observaram que somente a produção de grão foi influenciada diretamente pelo Pó de Basalto, com tendência a decrescer com o aumento da dose.

Caíres et al. (2004) observaram que a adição de gesso agrícola e calcário elevou a produção de milho em 17% e que a aplicação do gesso aumentou a concentração de N, K e Ca e diminuiu a concentração de Mg nas folhas.

Costa (2004) estudando o desenvolvimento da cultura do milho adubado com Dejetos Líquidos de Suínos observou que a dose que apresentou melhor desempenho foi a $200\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$.

Silva et al. (2004), estudando a produção de milho verde utilizando a adubação com Esterco Bovino em tratamentos de 8, 16, 24, 32 e 40 t ha^{-1} , observaram que houve um aumento na retenção de água e nos teores de fósforo, sódio, e potássio. A dose de 24 t ha^{-1} apresentou o melhor resultado para a retenção de água, sendo que doses superiores não modificaram significamente este parâmetro.

Lima et al. (2004), estudaram a produção de biomassa do milho, utilizando composto de lixo urbano a partir de coleta seletiva e não seletiva misturado um solo (Latosolo Vermelho-amarelo), em diferentes doses (15t ha^{-1} , 30t ha^{-1} , 45t ha^{-1} , 60t ha^{-1}), encontraram que o composto originado a partir do composto de coleta seletiva apresentou melhor produção de biomassa da parte aérea variando de 2,24 (15t ha^{-1}) a 8,07g (60t ha^{-1}) aos 7 dias após a germinação.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Produção dos Substratos

Para a produção dos substratos foram utilizados 2 resíduos da indústria farmoquímica (Cartilagem Animal (CA) e Decalite (DC)) que foram misturados com 2 materiais inorgânicos (Pó de Basalto (PB) e Areia (AR)), numa matriz de materiais orgânicos compostos de Bagaço de Cana (BC) e Esterco Bovino (EB), misturados em diferentes proporções. A Cartilagem Animal apresenta coloração esbranquiçada, quando úmida e amarelada/transparente quando seca, apresentando um alto poder de reidratação. Os pedaços da Cartilagem Animal mediam, em média, 1 cm.

Foram produzidos um total de 7 substratos que foram preparados a partir dos materiais acima, nas proporções (V/V) indicadas no Quadro 7. Além das misturas preparadas também foram utilizados 2 substratos comerciais (T8 = Húmus de Minhoca e T9 = Plantimax ®).

Quadro 7 – Proporções dos diferentes materiais orgânicos, inorgânicos e resíduos da indústria farmoquímica utilizados no preparo dos 7 substratos.

Trat	Materiais	Simbologia
1	50% Bagaço de Cana-de-açúcar + 50% Esterco Bovino	BC+EB
2	50% Bagaço de Cana-de-açúcar + 50% Cartilagem Animal	BC+CA
3	33% Bagaço de Cana-de-açúcar + 33% Esterco Bovino + 33% Cartilagem Animal	BC+EB+CA
4	30% Bagaço de Cana-de-açúcar + 30% Esterco Bovino + 30% Cartilagem Animal + 10% Pó de Basalto	BC+EB+CA+PB
5	30% Bagaço de Cana-de-açúcar + 30% Esterco Bovino + 30% Cartilagem Animal + 10% Decalite	BC+EB+CA+DC
6	30% Bagaço de Cana-de-açúcar + 30% Esterco Bovino + 30% Cartilagem Animal + 10% Areia	BC+EB+CA+AR
7	50% Esterco Bovino + 50% Cartilagem Animal	EB+CA
8	Húmus de minhoca	HUM
9	Plantmax ®	PLTM

A partir deste ponto os tratamentos T1 (BC+EB), T8 (HUM) e T9 (PLTM), serão considerados como padrão, pois o T1 é a forma mais comum de compostagem empregada pelos agricultores, o T8 é um vermicomposto amplamente utilizado como substrato e o T9 é o substrato comercial mais utilizado na produção de mudas. Estes foram utilizados a fim de obtermos padrão para

comparação dos resultados encontrados nos substratos produzidos. O resíduo denominado como Cartilagem Animal, era composto em sua maioria por Cartilagem Bovina, mas também apresentava boa quantidade de ossos (Omoplata).

A Perlita, vulgarmente conhecida pelo seu nome comercial Decalite, apresentava as mesmas características descritas na revisão bibliográfica. A Perlita encontrava-se em pó, em alguns caso úmida, pois era depositada a céu aberto. Na montagem do experimento de compostagem foi utilizada seca para facilitar a distribuição.

Para a compostagem foram colocados volumes proporcionais ao Quadro 7, de cada material, em vasos de aproximadamente 22 litros, com orifícios para a drenagem do excesso de água. Na montagem das unidades experimentais de compostagem, os materiais foram colocados em camadas, tendo como camada inicial o Bagaço de Cana, seguido pelo Esterco Bovino, pela traquéia e pelo material inorgânico. Repetindo-se o processo até completar a capacidade.

A última camada, para todos os tratamentos, foi de Bagaço de Cana, buscando minimizar a volatilização e a secagem das unidades. O tempo de duração foi de 3 meses, com exceção dos tratamentos 8 e 9.

Durante o processo de compostagem, as unidades foram revolvidas e umedecidas. Periodicamente foi feita a avaliação da temperatura e da variação do volume das unidades de compostagem. Neste intervalo de tempo foi observado que as unidades de compostagem exalavam cheiro de amônia, caracterizando a perda de nitrogênio por volatilização, entretanto este fator não foi mensurado. Decorrido o tempo de compostagem os materiais apresentavam-se estabilizados, com temperatura constante (25 – 30 °C) e volume invariável.

No interior de cada vaso após 30 dias de compostagem, quando já não era possível quase distinguir os resíduos de Cartilagem Animal e Decalite, em cada vaso foram colocados quatro cilindros de aço de 100 cm³.

Ao término da compostagem estes cilindros foram retirados cuidadosamente, limpos, identificados e protegidos o fundo com uma tela de tecido para determinação dos atributos físicos dos substratos.

Além dos cilindros também foram retiradas amostras dos materiais compostados (4 repetições) para determinação dos atributos químicos dos substratos.

3.2 Análise dos Atributos Químicos dos Substratos

É considerada análise química de rotina os procedimentos adotados, nos laboratórios de análise de solos, que buscam quantificar, através de metodologias utilizando extratores, os níveis de determinados elementos químicos encontrados nos solos. Estes procedimentos também podem ser utilizados para a avaliação dos atributos químicos de substratos.

A partir dos substratos compostados, foram analisados os seguintes atributos: pH (água e CaCl_2), Matéria Orgânica (MO%), Alumínio (Al^{3+}) Hidrogênio + Alumínio ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$), Cálcio (Ca^{2+}) + Magnésio (Mg^{2+}), Potássio (K^+), Sódio (Na^+), Micronutrientes (Ferro (Fe), Manganês (Mn), Cobre (Cu), Zinco (Zn)), Saturação de Bases (S), Capacidade de Troca Catiônica (CTC), Saturação por Alumínio (m%), Saturação de Bases (V%), Condutividade Elétrica (CE) e a Porcentagem de Sódio Trocável (PST). A metodologia utilizada para cada análise é descrita a seguir, baseada em EMBRAPA (1997) e Camargo et al. (1986).

3.2.1 Análise de pH

A análise de pH foi realizada em duas metodologias: pH em água, pH em CaCl_2 0,01M numa relação 1:2, 5 substrato: solução, utilizando 10 cm^3 de substrato em 25ml de solução, agitado por 10 minutos, deixado em descanso por 30 minutos e medido com ph metro da marca Tecnal, modelo TEC-2.

3.2.2 Análise de porcentagem de Matéria Orgânica (%MO)

A análise de porcentagem de Matéria Orgânica (%MO) se deu pelo método da calcinação que consiste na queima de uma porção de amostra em forno mufla a uma temperatura de 500 °C por 4 horas. O que sobra dentro dos cadinhos são as

cinzas (material inorgânico). Por diferença de peso calcula-se a porcentagem de MO.

3.2.3 Análise de Cálcio (Ca^{2+}), Magnésio (Mg^{2+}) e Alumínio (Al^{3+}).

A extração do Cálcio (Ca^{2+}), Magnésio (Mg^{2+}) e Alumínio (Al^{3+}) trocáveis foi efetuada com uma solução não tamponada de KCl 1M, numa relação substrato extrator de 1:10. Da solução resultante da agitação e descanso dos materiais, são retirados 1 ml e diluído na seguinte proporção de diluição 1:201 e 1:401 para o Ca^{2+} e Mg^{2+} , respectivamente. A leitura é realizada em um espectrofotômetro de absorção atômica modelo GBC 932. O Al^{3+} foi determinado por titulometria, a partir de extrato da solução com NaOH, que consiste na colocação de um corante de viragem no extrato, adicionar NaOH até a coloração mudar para róseo. Se pega o valor do volume de NaOH utilizado e

3.2.4 Análise da Acidez Potencial ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$)

Foi utilizada a metodologia com o uso de uma solução tampão conhecida por SMP, iniciais dos pesquisadores que desenvolveram a metodologia (Shoemaker, Mc Lean e Pratt), descrita por EMBRAPA (1997).

3.2.5 Análise de Potássio (K^+) trocável, Fósforo (P) e Sódio (Na^+).

A disponibilidade de Potássio (K^+), Fósforo (P) e Sódio (Na^+) trocáveis foram determinados por extração com uma solução de HCl 0,05 M e H_2SO_4 0,0025 M (Mehlich-1 (0,1 mol L^{-1} de HCl + 0,0125 mol L^{-1} de H_2SO_4)). Para uma massa de 10 g de substrato foi adicionados 100 ml de solução extratora, agitando por 5 minutos e os elementos K e Na, determinados no extrato em um espectrofotômetro de chama, da marca Micronal modelo B462 e o elemento P determinado pelo espectrofotômetro de UV-VIS, marca Micronal modelo B295II (EMBRAPA, 1997).

3.2.6 Soma de Bases (SB)

O valor de SB foi calculado a partir da seguinte equação: $S = Ca^{+2} + Mg^{+2} + K^{+2} + Na^{+}$

3.2.7 Capacidade de Troca Catiônica (CTC)

A capacidade de troca catiônica (CTC) foi calculada a partir da seguinte equação: $CTC = SB + H^{+} + Al^{3+}$

3.2.8 Saturação por Alumínio (Valor m%)

A saturação por alumínio (m%) foi calculada a partir da seguinte equação:
 $m\% = (Al^{3+} / (Al^{3+} + S)) * 100$

3.2.9 Porcentagem de Sódio Trocável (PST)

A Porcentagem de Sódio Trocável foi calculada através da equação:

$$PST (\%) = \left(\frac{Na^{+}}{CTC} \right) * 100$$

3.2.10 Saturação por Bases (Valor V%)

A saturação de bases (V%) foi calculada a partir da seguinte equação: $V(\%) = (S/CTC) * 100$.

3.2.11 Análise de Micronutrientes (Zn, Cu, Fe, Mn).

Foram analisados os micronutrientes Zinco (Zn), Cobre (Cu), Ferro (Fe) e Manganês (Mn).

Os teores foram determinados após extração com uma solução de HCl 0,05 M e H₂SO₄ 0,0025 M (Melich-1). Uma porção de 10g de substrato em 100ml de solução extratora foi agitada por 5 minutos, filtrada e os elementos determinados no extrato no espectrofotômetro de absorção atômica, marca GBC 932.

3.2.12 Condutividade Elétrica (CE)

Foi determinada a partir de 10cm³ de material adicionados de 50 ml de água deionizada, agitado e filtrado. O resultado da filtragem foi submetido a leitura de condutividade elétrica em condutivímetro da marca Digimed modelo DM3, padronizado com CaCl₂ 0,01M.

3.2.13 Análise do Nitrogênio Total

Determinou-se o N-total por digestão sulfúrica onde foi tomado uma porção de 0,100 g de substrato, adicionado 5ml de ácido sulfúrico, e digerido em bloco digestor, até a “abertura” da amostra. Em seguida é realizada a de destilação, com NaOH, pelo método volumétrico de Kjeldahl e determinado por titulação com H₂SO₄. Determina-se a porcentagem de N total pela seguinte equação (EMBRAPA, 1997).

$$N(\%) = \frac{\text{Volume de H}_2\text{SO}_4 * 0,03 * 14 * 100}{1000 * \text{massa amostra (g)}}$$

3.3 Análise dos Atributos Físicos dos Substratos

Para a caracterização física dos substratos foram utilizando as amostras contidas nos cilindros de aço de 100 cm³, sendo analisadas os seguintes atributos: Densidade dos Substratos (DS), Porosidade Total (PT), Macroporosidade (MA), Microporosidade (MI), Densidade de Partícula (DP). Além destas também foi determinado o Diâmetro Médio Ponderado (DMP). Nesta última determinação foi utilizado o material onde foram cultivadas as plantas. Os métodos utilizados nestas determinações estão descritos em Miner (1999), EMBRAPA (1997), Camargo et al. (1986), e Kiehl (1979).

3.3.1 Densidade do Substrato

O cálculo da densidade do substrato se deu pelo método do anel volumétrico, sendo dada pela equação: $D = m/V$, onde D é a densidade do substrato, m é a massa do substrato seco (105 °C por 24 horas) contida no anel e V é o volume do anel (KIEHL, 1979).

3.3.2 Porosidade Total

A Porosidade Total (PT) foi determinada como sendo equivalente à massa de água contida na amostra, após a aplicação de uma tensão de 0,1cm de coluna de água na mesa de tensão (KIEHL, 1979).

3.3.3 Macroporosidade

A macroporosidade foi definida pela porcentagem de água retida entre a tensão de 0,1 e 60cm de coluna de água aplicada na mesa de tensão.

3.3.4 Microporosidade

A microporosidade foi definida pela porcentagem de água retida entre a tensão de 60cm de coluna de água em mesa de tensão e o solo seco (105°C por 24 horas) (KIEHL, 1979).

3.3.5 Densidade das Partículas

A Densidade das Partículas foi determinada indiretamente através da

equação: $D_p = \left(\frac{D_s}{\quad} \right)$

$$(1 - PT)$$

Onde **Ds** é a densidade do substrato e **PT** porosidade total (KIEHL, 1979).

3.3.6 Diâmetro Médio Ponderado

O diâmetro médio ponderado foi calculado a partir do tamizamento a seco de parte da amostra. As amostras destinadas ao tamizamento foram secas ao ar até peso constante. Estas, então, passaram por peneiras de 4, 2, 1, 0,5 0,25 e 0,125mm, sendo agitadas por 10 minutos no tamizador. Depois do processo de tamizamento o material que sobrou em cada peneira foi pesado e partir dos resultados foi calculado o diâmetro médio ponderado (DMP) dos agregados de acordo com a metodologia descrita por White (1993), utilizando a equação $DMP = \sum_{i=1}^n X_i * W_i$. Onde X_i é o diâmetro médio da fração i , que corresponde ao ponto médio entre o tamanho da peneira na qual o material foi retido e o tamanho da peneira de diâmetro imediatamente superior, e W_i é a proporção do total da amostra retida na peneira.

3.4 Análise da Matéria Seca da Planta

Na avaliação da produção de matéria seca do milho foram utilizados, vasos de PVC preto, com capacidade para um litro de substrato, com 4 repetições. Nos vasos foram semeadas 5 sementes de milho Variedade Agrocere AG 405. Aos 10 dias após a germinação foi realizado o desbaste deixando 2 plantas por vaso. Aos 50 dias após a germinação, as plantas de milho foram cortadas e analisadas.

Para a avaliação dos substratos produzidos através da compostagem, foi realizada a caracterização química e física do substrato, além da avaliação da produção de matéria seca do milho em cada substrato e em 2 substratos comerciais.

A produção de matéria seca do milho foi avaliada através da massa da parte aérea planta, que foi cortada a 1 cm da superfície do substrato e da raiz. Após o corte da parte aérea e da lavagem das raízes, estas foram colocadas em estufa por 48 horas para secarem. Em seguida foi realizado o processo de pesagem da parte aérea e das raízes.

O delineamento experimental utilizado é inteiramente casualizado (DIC) e as médias dos valores dos atributos químicos, físicos e morfométricos das plantas foram comparadas pelo Teste de Tukey (a 5%) utilizando as rotinas do software SAS (SAS, 1989).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Atributos Químicos dos Substratos

Os resultados das análises químicas efetuadas nos diferentes substratos produzidos encontram-se no Quadro 8.

Dentre todas os atributos químicos analisados, somente o teor de Matéria Orgânica (MO) não apresentaram valores estatisticamente diferentes ($P > 0,05$) entre os nove tratamentos. Isto é, os substratos comerciais (T8, T9) padrão (T1) e as combinações em diferentes proporções de Bagaço de Cana (BC), Esterco Bovino (EB), Cartilagem Bovina (CB), Pó de Basalto (PB), Decalite (DC), Areia (AR), apresentam teores muito semelhantes de MO na sua constituição final.

Os valores da porcentagem de Matéria Orgânica variaram de 69% (T7) a 46% (T3). A alta porcentagem de Matéria Orgânica é em função da natureza dos materiais usados na produção dos substratos.

Os teores de Matéria Orgânica (MO) apresentaram variação nos valores, entretanto, estes não foram estatisticamente diferentes ($P > 0,05$) entre os 9 tratamentos.

Levando em consideração dados de análise de solo pode-se afirmar que o nível de MO é considerado muito alto. Já, de acordo com Miner (1994), estes teores se encontram abaixo do ideal, sendo que a porcentagem ideal de M.O. para substratos é superior a 80% (Quadro 4). Os valores encontrados por Trigueiro; Guerrini (2003), (61 a 28,50 %) se aproximam dos valores encontrados nos substratos avaliados. Trani et al. (2004) também encontraram valores para Matéria Orgânica semelhante aos encontrados, variando de 89,58 a 53,13%.

Os valores de pH em CaCl_2 variaram de 6,3 (T1) a 4,7 (T9) e os valores de pH em H_2O variaram de 6,5 (T1) a 4,7 (T9) mostrando grande variação nas condições de acidez após a compostagem.

Os tratamentos T2 a T7, que receberam CA, apresentaram valores de pH, tanto em água quanto em CaCl_2 , intermediários, não havendo significância entre eles ($P > 0,05$). Todos os níveis de pH encontrados, quando comparados com os

níveis padrão, estão na faixa de acidez média a alta (Quadro 5) (COSTA; OLIVEIRA, 1998).

A adição de Cartilagem Animal fez com que o pH em CaCl_2 do substrato diminuísse, diferente do fato observado no T1 onde não foi utilizada a Cartilagem Animal (pH = 6,3). Isto ocorre pois a Cartilagem Animal é rica em aminoácidos, que no processo de decomposição deste material são liberadas formas nitrogenadas como NH_4^+ , que no processo de nitrificação acaba acidificando o meio.

Todos os substratos apresentaram valores de pH (CaCl_2) fora da faixa ideal (6,5 – 7,0 pH em água, 5,9 a 6,4 pH em CaCl_2) para a maioria das culturas (COSTA; OLIVEIRA, 1998). De acordo com Bosa et al. (2003) os valores de pH em água encontrados em substratos preparados a partir de Turfa+Perlita, Turfa+Perlita+Casca de Pinus e Casca de Arroz Carbonizada, foram de 5,7, 5,6 e 7,1, respectivamente. Já Trani et al. (2004) encontraram valores de pH em água que variaram de 5,4 a 6,0 em substratos comerciais compostos pelos mais variados materiais orgânicos.

Os valores de Nitrogênio Total (NT) dos nove substratos variaram de 1,1 (T9) a 5,0 % (T7). Esta elevada concentração do nutriente foi favorecida pelos materiais orgânicos adicionados (Cartilagem Animal e Esterco Bovino) no preparo dos substratos.

Somente o substrato comercial Plantmax® (T9) foi inferior no teor de NT, e estatisticamente diferente ($P < 0,05$) dos outros substratos. A Cartilagem Animal e o Decalite atribuíram aumentos nos teores de NT nos substratos onde estes foram adicionados.

Comparando os valores de NT encontrados com a literatura (COSTA; OLIVEIRA, 1998) pode-se afirmar que estes se encontram na faixa de boa concentração. Trigueiro; Guerrini (2003) encontraram valores semelhantes (5,14 a 4,51) avaliando NT em substratos formados a partir de diferentes concentrações biossólido e Casca de Arroz Carbonizada. Já Trani et al. (2004) encontraram valores abaixo dos observados, estudando os substratos comerciais Plantmax® HA, Hortimix folhosas, Golden Mix 47, Vida Verde Tropstato hortaliças, variando de 1,78, 1,83, 2,15, 2,10% respectivamente.

Os valores da relação C/N (relação Carbono/Nitrogênio) dentre todos os tratamentos variaram de 23/1 (T9) a 5/1 (T5) situação encontrada pela grande humificação ocorrida no processo de compostagem.

O T9 (Plantmax®) foi o único que diferiu estatisticamente dos demais ($P < 0,05$), apresentando o maior valor de relação C/N (23/1). Isto é, a adição de EB e CA, são fontes fornecedoras de N que aceleraram o processo de decomposição do BC resultando, após 210 dias de compostagem, em substratos que devem estar num estágio avançado de humificação. Relação C/N em substratos que também passaram por compostagem encontram-se na faixa de 7/1 (Trigueiro e Guerrini, 2003). Já Trani et al. (2004), estudando os substratos comerciais Plantmax® HA, Hortimix folhosas, Golden Mix 47, Vida Verde Tropstato hortaliças, encontraram valores de C/N variando de 29/1, 24/1, 14/1, 14/1, respectivamente, encontrando-se acima dos valores encontrado nos substratos avaliados e aproximando-se dos valores ideais encontrados na literatura.

Kämpf (2000) e Miner (1994) afirmam que a relação C/N ideal para substratos é de 20 – 40. Entretanto os substratos avaliados apresentaram relação C/N muito abaixo do proposto na literatura, provavelmente pela adição de grandes quantidades de N pelos resíduos orgânicos utilizados.

Quadro 8 – Avaliação dos teores de atributos químicos dos substratos para plantas, usando a metodologia de análise de solos segundo Embrapa (1997); Camargo (1986).

	Unid	TRATAMENTOS								
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
<i>pH CaCl₂</i>		6,3 a	5,1 cd	5,1 d	5,1 cd	5,3 bc	5,2 bcd	5 d	5,3 b	4,7 e
<i>pH H₂O</i>		6,5 a	5,4 b	5,2 c	5,2 c	5,4 b	5,3 bc	5 d	5,3 bc	4,7 e
<i>MO</i>	%	50 a	57 a	46 a	65 a	50 a	67 a	69 a	50 a	53 a
<i>NT</i>		3,1 bc	4,6 ab	3,5 abc	3,7 abc	4,3 abc	2,8 c	5 a	3,6 abc	1,1 d
<i>V</i>		91 a	84 bc	86 abc	83 c	82 c	81 c	83 c	89 ab	83 c
<i>m</i>		1,15 d	5,56 ab	4,83 b	5,8 a	5,67 ab	5,83 a	4,9 ab	0,61 d	1,15 c
<i>PST</i>		0,62 d	1,79 b	1,12 c	1,92 b	2,73 a	2,86 a	1,56 b	0,6 d	0,07 e
<i>C/N</i>		8/1 bc	6/1 c	7/1 bc	8/1 bc	5/1 c	11/1 b	6/1 bc	6/1 bc	23/1 a
<i>Ca²⁺</i>	cmol _c dm ⁻³	9,81 bc	9,14 bc	16,6 bc	9,91 bc	7,28 c	6,9 c	16 bc	34,4 a	20,2 b
<i>Mg²⁺</i>		10,2 bc	10,3 bc	8,33 bc	6,2 bc	6,44 cd	4,83 de	8,49 bc	3,2 e	10,94 a
<i>K⁺</i>		7,72 a	0,45 f	3,11 d	4,08 cd	4,51 bc	4,41 bc	5,32 b	1,02 ef	1,71 e
<i>Na⁺</i>		0,19 e	0,43 cd	0,37 d	0,48 bc	0,63 a	0,59 a	0,56 ab	0,26 e	0,03 f
<i>Al³⁺</i>		0,33 e	1,2 c	1,44 ab	1,28 bc	1,13 c	1,03 c	1,54 a	0,23 e	0,75 d
<i>H⁺ + Al³⁺</i>		2,73 c	3,81 b	4,28 b	4,18 b	4,13 b	3,82 b	6,18 a	4,37 b	6,64 a
<i>CTC</i>		30,7 bcde	24,1 de	32,7 abcd	24,8 cde	23 de	20,6 e	36,5 abc	43,3 a	39,51 ab
<i>CE</i>	dS m ⁻¹	5,4 e	7,3 d	7,1 d	10,8 c	11,4 bc	12,7 ab	12,9 a	12,9 a	4,4 e
<i>P</i>	mg dm ⁻³	682 d	6409 b	4581 c	3432 c	4169 c	3596 c	4383 c	7368 b	11175 a
<i>Mn</i>		23,4 a	1,07 e	10,2 c	8,97 cd	11,3 c	11,3 c	10,5 c	16,9 b	6,28 d
<i>Fe</i>		22,6 a	7,49 c	6,46 c	24,8 a	14,2 b	16,4 b	5,3 c	22,8 a	24,19 a
<i>Zn</i>		4,47 bc	17,6 a	2,7 d	2,54 d	2,9 d	2,82 d	2,66 d	5,76 b	3,7 cd
<i>Cu</i>		0,67 a	0,09 c	0,12 c	0,16 b	0,11 c	0,09 c	0,09 c	0,11 c	0,17 b

T1 – BC+EB; T2 – BC+CA; T3 – BC+EB+CA; T4 – BC+EB+CA+PB; T5 – BC+EB+CA+DC; T6 – BC+EB+CA+AR; T7 – EB+CA; T8 – HUM; T9 – PLTM; MO – Matéria Orgânica; NT – Nitrogênio Total; C/N – Relação C/N; Ca²⁺ - Cálcio; Mg²⁺ - Magnésio; K⁺ - Potássio; Na⁺ - Sódio; Al³⁺ - Alumínio; H⁺ + Al³⁺ - Hidrogênio + Alumínio; CTC – Capacidade de Troca Catiônica; V – Valor V%; m – Saturação por Alumínio; PST – Porcentagem de Sódio Trocável; P – Fósforo; CE – Concentração Elétrica; Mn – Manganês; Fe – Ferro; Zn – Zinco; Cu – Cobre.

Os teores de Cálcio (Ca^{2+}) variaram de 34,42 (T8) a 6,90 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ (T6). Os tratamentos onde foram usados substratos comerciais Húmus de minhoca (T8) e Plantmax® (T9) apresentaram teores significativamente mais elevados de Ca^{2+} ($P < 0,05$), provavelmente em função da adição de calcário na sua composição que não foi controlada, diferentemente do substrato padrão (T1) e dos demais substratos produzidos com CA e DC (T2, T3, T4, T5, T6 e T7)

Os tratamentos com Cartilagem Animal e Decalite apresentaram teores intermediários de Ca^{2+} . Já os tratamentos com Cartilagem Animal e Esterco Bovino, sem a adição de materiais inorgânicos (T3 e T7) embora não diferente estatisticamente entre os demais ($P > 0,05$), apresentaram teores de Ca^{2+} superior a 100%, aos demais. Isto é, a adição de PB, DC, AR, promoveram uma diluição nos teores finais de Ca^{2+} , por não serem fontes deste elemento.

Os níveis de Ca^{2+} encontrados, quando comparados às necessidades das culturas, estimadas pela análise de solo, encontram-se na faixa de Muito Alto (COSTA; OLIVEIRA, 1998) (Quadro 5).

Os teores de Magnésio (Mg^{2+}) variaram de 10,94 (T9) a 3,20 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ (T8). No entanto, comparando-se os tratamentos, observa-se variação estatística ($P < 0,05$), com exceção do tratamento padrão T9 (Plantmax®), que foi superior aos demais. A Cartilagem Animal e o Decalite não influenciaram nos teores de Mg^{2+} encontrados nos substratos.

Os teores de Potássio (K^+) variaram de 5,32 (T7) a 0,45 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ (T2). Os tratamentos T8 e T9 apresentaram os menores valores para K^+ , junto com o T2. Os tratamentos utilizados como padrão, juntamente com T2, mostraram que os substratos comerciais e a adição de CA ao BC são materiais pobres em K^+ . Na realidade, dentre os materiais utilizados para compostagem (T1 a T7) o Esterco Bovino deve ter incorporado as maiores quantidades de K^+ aos substratos produzidos. Isto é válido também para os resíduos inorgânicos, que embora tenham incrementado ($P < 0,05$) o teor de K^+ em relação ao T3, foram inferiores quando comparado ao incremento de K^+ entre T2 (0,45 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) e T3 (3,11 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$).

Foi observado que os tratamentos compostos por Esterco Bovino (T1, T3, T4, T5, T6 e T7) apresentaram os maiores teores de K^+ . Comparando com dados de interpretação de análise de solo observamos que os níveis variam de alto a muito alto (COSTA; OLIVEIRA, 1998) (Quadro 5).

Os teores de Sódio (Na^+) nos substratos variaram de 0,63 (T5) a 0,03 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ (T9). Pode-se observar que os tratamentos com Cartilagem Animal (T2 à T7) apresentaram teores mais elevados de sódio e não diferiram estatisticamente ($P > 0,05$) entre si. Mesmo a Cartilagem Animal e o Decalite recebendo nos seus tratamentos sais a base de Na^+ , estes resultaram em teores não muito elevados do elemento. Isto é, os teores de Na nunca foram superiores aos teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ , individualmente ou em conjunto.

Os teores de Hidrogênio + Alumínio ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$) variaram de 2,73 (T1) a 6,64 $\text{cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$ (T9). Estes teores são influenciados pela grande quantidade de Matéria Orgânica formadora dos substratos (Quadro 8).

Os tratamentos T7 e T9 foram estatisticamente superiores aos demais tratamentos na concentração de $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$ ($P < 0,05$). Enquanto o tratamento T1 foi inferior aos demais na concentração de $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$ ($P < 0,05$). Na realidade os teores de $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$, apresentaram valores de correlação de Pearson (r) significativos negativos com os teores de pH em CaCl_2 ($r = -0,77$) e pH em H_2O ($r = -0,82$), isto é, incrementos nos valores de pH resultam no decréscimo da concentração de $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$.

Os tratamentos com Cartilagem Animal e Decalite não diferiram estatisticamente entre si ($P > 0,05$), quando se analisa os teores de $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$. Entretanto, pode-se observar que os tratamentos com Bagaço de Cana em maior quantidade (T1 e T2) apresentaram um dos menores teores de $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$, 0,33 e 1,2 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, enquanto que o tratamento sem Bagaço de Cana (T7) apresentou um dos maiores teores (6,18 $\text{cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$).

Os teores de Alumínio Trocável, encontrados nos substratos variaram de 1,54 (T7) a 0,23 $\text{cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$ (T8). Houve uma diferença estatística significativa ($P < 0,05$) entre os tratamentos. Comparando-se os tratamentos padrões (T1, T8, T9) pode-se observar que estes apresentaram os menores valores do teor de Al e que foram estatisticamente diferentes ($P < 0,05$) dos tratamentos que receberam CA, estes últimos não apresentaram diferenças estatísticas ($P > 0,05$) entre si. Isto pode ser devido à adição de sulfato de alumínio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) no tratamento que recebeu CA.

Comparando os teores de Al^{3+} dos diferentes substratos com os teores encontrados no solo para as culturas, pode-se concluir que os tratamentos que

receberam com Cartilagem Animal e Decalite se encontram no nível Muito Tóxico (COSTA; OLIVEIRA, 1998). Os outros tratamentos (T1, T8, T9) encontram-se no nível Pouco Tóxico. Embora o teor de Al determinado seja muito elevado nos tratamentos que receberam CA, seu efeito tóxico deve ser atenuado, devido aos elevados teores de MO presentes nos substratos (>46%) e os valores de pH acima de 5,0. A MO atua como complexante do Al^{3+} através dos radicais carboxílicos, fenólicos livres, encontrados nos ácidos húmicos, reduzindo sua atividade (SANTOS; CAMARGO, 1999).

Nos substratos analisados, os teores da Capacidade de Troca Catiônica (CTC) variaram de $43,29 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (T8) a $20,56 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (T6). Os componentes da capacidade de troca catiônica (CTC) dos substratos considerados foram: além do Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ , também o teor de Na^+ , visto que os materiais de origem, utilizados na compostagem, (Cartilagem Bovina e Decalite) apresentam em seu processamento e tratamento na indústria, a adição de Na^+ via NaCl ou NaOH. Comparando-se todos os tratamentos pode-se observar que não houve diferenças estatísticas significativas ($P>0,05$) entre estes. Nem os tratamentos considerados padrão, nem a adição de CA, DC, PB e AR promoveram diferenças na retenção dos cátions trocáveis e na acidez de troca. Este fato deve-se em grande parte à inexistência de diferenças significativas nos teores de MO entre todos os tratamentos.

Os coeficientes de correlação de Pearson (r) entre, a MO e as demais variáveis químicas do substrato, não apresentaram nenhuma significância estatística ($P>0,05$).

Segundo Miner (1994) e Kampf (2000) o nível ótimo para a CTC seria nulo. Isto é, para estes autores, substratos devem ser, na realidade, material inerte do ponto de vista químico. Já Verdonck et al. (1983) afirmam que os valores para CTC deveriam ser menores que $12 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. O tratamento 8 (HUM) apresentou o maior resultado $CTC=43,29 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Os outros tratamentos apresentaram CTC entre $20,55$ (T6) e $39,51 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (T9). Pode-se observar que os tratamentos que em sua composição continham Bagaço de Cana e Cartilagem Animal associados, apresentaram uma redução nos valores de CTC T2 ($24,11 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) T4 ($24,83 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) T5 ($23,00 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) T6 ($20,55 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), com exceção do tratamento 3 ($32,72 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$). O menor valor de CTC foi observado no tratamento T6, que

está associada à diminuição promovida pelo componente inorgânico do tratamento, no caso a Areia. Bosa et al. (2003) encontram valores de CTC que variaram de 41,8 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (Turfa + Perlita), 43,5 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (Casca de Pinus+Turfa+Perlita) e 6,8 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (Casca de Arroz Carbonizada). Comparando com os valores obtidos nos substratos analisados, estes se encontram pouco abaixo dos encontrados por Bosa et al (2003).

Os valores de Saturação de Bases (V%) foram extremamente altos, variaram de 91 (T1) a 81% (T8). Os valores encontrados de V% não apresentaram diferenças significativas ($P>0,05$) entre os tratamentos. Os maiores valores foram encontrados nos tratamentos padrões (T1 e T8). A adição de CA e DC, por induzirem maior concentração de Al e Al+H, promoveram reduções nos valores de V%. Trani et al. (2004) avaliando os substratos comerciais Plantmax® HA, Hortimix folhosas, Golden Mix 47, Vida Verde Tropstato hortaliças, na produção de mudas de alface encontraram valores de V% variando de 59,4, 43,5, 71,5 e 76,3%, respectivamente, valores inferiores aos encontrados nos substratos avaliados.

Os valores da Saturação de Alumínio (m%) variaram de 6,0 (T4) a 0,5% (T8). Os valores encontrados para m%, diferiram estatisticamente entre si ($P<0,05$). Os tratamentos padrões (T1, T8, T9) apresentaram valores menores e estatisticamente significativos ($P<0,05$) do que os demais que receberam CA e os resíduos inorgânicos. A adição de CA, devido aos maiores teores de Al trocável determinou também os menores valores de saturação de Al. A adição de resíduos inorgânicos não determinou diferenças estatísticas significativas (T4, T5, T6), mas o tratamento que recebeu Areia foi o que apresentou a maior saturação por Al. Os valores de m% podem ser considerados médios. Isto é, não são prejudiciais às plantas em função da quantidade de MO encontrada nos substratos, que complexa o Al^{3+} trocável, facilitando o desenvolvimento vegetal. A adição de Cartilagem Animal elevou substancialmente o valor m%, em todos os tratamentos.

Os valores da Porcentagem de Sódio Trocável (PST) variaram de 3 (T6 e T5) a 0,07% (T9). Os substratos padrões apresentaram os menores valores ($P<0,05$) fato semelhante ao que havia ocorrido com o teor de Na trocável. Ainda, a adição de CA determinou incrementos tanto no teor de Na, quanto na PST. Só que desta vez, a adição de Decalite e Areia resultaram em valores de PST maiores ($P>0,05$) que os tratamentos que receberam somente BC + CA e BC+EB+CA+PB.

Estes valores de PST são baixos não devendo influenciar nas atribuições químicas e/ou físicas dos substratos.

Os teores de Fósforo (P) variaram de 11.174 (T9) a 681 mg dm⁻³ (T1). O T1 apresentou a menor concentração de P (681 mg dm⁻³) é um tratamento que não recebeu entre seus componentes a Cartilagem Animal. Houve diferença significativa (P<0,05) entre os nove tratamentos analisados. Os tratamentos padrões (T1, T8, T9) apresentaram diferenças significativas entre si, sendo que o T9 (Plantmax ®) apresentou a maior concentração entre todos (P<0,05) e o T1 (BC + EB) a menor concentração. Isto se deve provavelmente à adição de fontes concentradas de adubos fosfatados neste substrato comercial (T9). A adição de CA e DC proporcionou um aumento significativo (P<0,05) nos substratos que os receberam. A adição de BC e EB diluiu a concentração de P nos substratos devido aos seus baixos teores. Os tratamentos que receberam Cartilagem Animal (T2, T3, T4, T5, T6 e T7) não diferiram estatisticamente entre si (P >0,05), isto é a CA é uma fonte de P importante para os substratos.

Comparado com os teores de P na análise de solo, os teores de P encontrados nos substratos são elevadíssimos (COSTA; OLIVEIRA, 1998) (Quadro 5). Trani et al. (2004) estudando os substratos comerciais Plantmax® HA, Hortimix folhosas, Golden Mix 47, Vida Verde Tropstato hortaliça, na produção de mudas de alface, encontraram teores que variam de 75,0, 84,9, 82,8 e 96,9 mg dm⁻³, teores bem menores dos encontrados neste trabalho.

Os valores de Condutividade Elétrica (CE) dos substratos estudados variaram de 12,9 (T7 e T8) a 4,4 dS m⁻¹ (T9). Os valores diferem em função da quantidade de sais encontrados nos materiais de origem utilizados na composição dos substratos (T1, T8 e T9). Ocorreram diferenças significativas entre os tratamentos analisados (P<0,05). Os tratamentos padrões apresentaram os menores valores de CE (T1 e T9) e o maior também (T8). A adição de DC, AR e PB provocaram aumento significativo (P<0,05) no valor de CE em relação aos tratamentos T1 e T9. Valores de CE acima de 4 dS m⁻¹ são encontrados em solos salinos (MEURER, 2000).

Segundo Miner (1994) os valores ideais de CE variaram de 0,75 a 3,49 dS m⁻¹, bem abaixo dos encontrado nos substratos.

Os teores encontrados nos substratos para o Manganês (Mn) variaram de 23,41 (T1) a 1,07 mg dm⁻³ (T2) e os substratos apresentaram diferenças estatísticas significativas (P<0,05) entre si. Os tratamentos padrões (T1, T8, T9) apresentaram o maior teor de Mn (T1) e o segundo menor teor (T9). A adição de CA não provocou aumentos consideráveis (P>0,05) no teor de Mn do substrato T2. Já o EB é a principal fonte deste elemento nos diferentes tratamentos em que foi adicionado. A adição dos materiais inorgânicos e que receberam não alterou significativamente (P<0,05) a concentração de Mn nos substratos T2, T3, T4, T5, T6 e T7.

A partir de informações de níveis de Mn para solos pode-se avaliar que os teores encontrados são considerados altos, mas nenhum deles em excesso (COSTA; OLIVEIRA, 1998) (Quadro 5). Trani et al. (2004) estudando os substratos comerciais Plantmax® HA, Hortimix folhosas, Golden Mix 47, Vida Verde Tropstato hortaliças encontraram teores variando 34,4 mg dm⁻³, 45,1 mg dm⁻³, 67,7 mg dm⁻³ e 37,0 mg dm⁻³, respectivamente, acima dos encontrados nos substratos preparados.

Os teores de Ferro (Fe), encontrados nos substratos estudados variaram de 24,82 (T4) a 5,30 mg dm⁻³ (T7) e houve diferenças estatística significativa (P<0,05) entre os tratamentos. Os tratamentos padrões (T1, T8 e T9) apresentaram teores significativamente maiores (P<0,05) de Fe, entre todos os substratos produzidos (com exceção do T4). Os resíduos BC e EB apresentaram contaminação por solo proveniente do local de coleta destes resíduos, que devem ter interferido nos resultados analíticos dos teores de Fe.

Os substratos que contém em sua composição Cartilagem Animal apresentaram teores de Fe intermediário, mas abaixo dos teores encontrados para os tratamentos sem Cartilagem Animal.

Os teores de Fe encontrados nos substratos variaram de baixo a médio comparado aos teores de Fe para solos (COSTA; OLIVEIRA, 1998) (Quadro 5). Trani et al. (2004) estudando diferentes substratos comerciais na produção de mudas de alface, encontraram teores de Fe variando de 89,3, 421,0, 163,7 e 297,0 mg dm⁻³, teores bem acima dos encontrados nos substratos preparados.

Os teores de Zinco (Zn) dos substratos variaram de 17,62 (T2) a 2,54 mg dm⁻³ (T4). São teores considerados altos quando comparados com os níveis para análise de solo (COSTA; OLIVEIRA, 1998) (Quadro 5). Os substratos padrões (T1 e T8) não apresentaram diferenças estatísticas entre si (P<0,05) e foram muito

menores que o teor de Zn do T2. Já a combinação BC+EB+CA + resíduos inorgânicos promoveram uma diluição no teor de Zn, provavelmente devido a adição de CA nos T3 a T7. Isto é PB, DC e AR não são fontes do micro nutriente Zn. Os teores de Zn para os substratos com CA não variaram estatisticamente ($P>0,05$) entre si. Trani et al. (2004) estudando os substratos comerciais, avaliando produção de mudas de alface, observaram que os teores de Zn variaram de 8,2, 16,1, 10,2, 6,7 mg dm^{-3} , teores próximos aos encontrados nos substratos preparados.

Os teores de Cobre (Cu) variaram de 0,67 (T1) a 0,09 mg dm^{-3} (T2, T6, T7). Estes teores são considerados baixos, de acordo com os níveis para análise de solo (COSTA; OLIVEIRA, 1998) e apresentaram diferenças significativas ($P<0,05$) entre os diferentes tratamentos. Entre os substratos padrões (T1, T8 e T9) o tratamento T1 apresentou maior concentração de Cu, superior a todos os outros tratamentos. Os tratamentos T8 e T9 apresentaram concentrações intermediárias de Cu em relação aos substratos que receberam CA e DC. Destes (T3 a T7) o que recebeu PB apresentou maior concentração que os demais ($P<0,05$). A associação de BC, CA, AR ou DC, determinou substratos com as menores concentrações do micro nutriente Cu. Trani et al. (2004) estudando diversos substratos, avaliando produção de mudas de alface, observaram que os teores de Cu variaram de 4,7, 14,5, 5,8 e 4,3 mg dm^{-3} , teores bem acima aos encontrados nos substratos preparados.

4.2 Atributos Físicos dos Substratos

Durante o processo de compostagem a redução de volume, nos substratos produzidos foi significativa, fato este que contribuiu para o aumento da concentração dos materiais inorgânicos, presumindo que estes materiais não sofrem transformações, como os materiais orgânicos (Quadro 6).

A maior redução ocorreu no tratamento padrão T1 onde não foi adicionada a Cartilagem Animal. A menor redução foi encontrada nos tratamentos T2 e T6. O tratamento T2 era composto somente por Cartilagem Animal e Bagaço de Cana. Já

o tratamento T6 era composto por Bagaço de Cana, Esterco Bovino, Cartilagem Animal (componente orgânicos) e Areia (componente inorgânico).

Quadro 9 – Redução de volume nos substratos produzidos, após o processo de compostagem (90 dias).

Tratamento	% de Redução
1	91
2	66
3	74
4	70
5	70
6	66
7	73,69
8	NA*
9	NA*

* NA – Não Avaliado

Os tratamentos não avaliados são compostos pelos materiais comerciais que não passaram pelo processo de compostagem, pois na sua formulação já haviam passado por este processo.

O valor da densidade dos substratos variou de 0,38 (T9) a 0,22 t m⁻³ (T2). Para Miner (1994) a densidade ideal para substrato é menor que 0,4 t m⁻³. Todos os substratos estudados, acrescidos de Cartilagem Animal e Decalite apresentaram valores menores que o proposto por Miner (1994). Os valores médios da DS não apresentaram variação estatística significativa (P>0,05) entre si. Isto é, os substratos apresentaram pouca variação estatística nos valores deste atributo físico. Bosa et al. (2003) para os substratos preparados Turfa+Perlita, Casca de Pinus+Turfa+Perlita e Casca de Arroz Carbonizada encontrou os valores para DS: 0,22, 0,24 e 0,15 t m⁻³, respectivamente, valores semelhantes ao encontrados nos substratos preparados. Já Schimitz et al. (2002) encontraram os seguintes valores para DS: 1,49 (solo+Areia), 0,99 (solo+Areia+Casca de Arroz Carbonizada), 1,06 (solo+Areia+resíduo decomposto de casca de Acácia negra), 0,22 (Turfa+Casca de Arroz Carbonizada) e 0,25 t m⁻³ (Turfa+ resíduo decomposto de casca de Acácia negra), valores superiores ao encontrado nos substratos preparados, com exceção dos tratamentos: Turfa+Casca de Arroz Carbonizada e Turfa+ resíduo decomposto de casca de Acácia negra. Já Bougoul et al. (2005) encontraram valores de DS entre 0,46 e 0,67 t m⁻³ estudando substratos a base de resíduos de rochas.

Os resultados da análise dos atributos físicos dos substratos encontram-se no Quadro 10.

Os valores de Densidade de Partícula (DP) para os substratos analisados variaram de 1,49 (T9) a 0,60 t m³ (T5) e não apresentaram diferença estatística significativa (P>0,05) entre si. Os tratamentos que receberam Cartilagem Animal apresentaram valores menores de DP (exceção do T6 que possuía Areia em sua composição) em relação aos tratamentos padrões (T1, T8, T9). O tratamento T9 é um substrato comercial que tem em sua composição Vermiculita. O tratamento T5 tem como componente inorgânico o Decalite, que é um material expandido, e assim de baixa densidade. Já Theodoro et al. (2002) estudando solo cultivado com café orgânico, encontrou valores de DP variando de 2,60 (café em transição e mata nativa) e 2,70 g cm⁻³ (cafeeiro convencional).

Para o atributo físico Porosidade Total (PT) foram encontrados valores que variaram de 60 (T5) a 78% (T8) e os substratos analisados não apresentaram diferença estatística significativa (P>0,05) entre si. Segundo Miner (1994) e Kämpf (2000) a porosidade total ideal para substratos deve ser superior a 85%. Isto é, todos os substratos preparados e os padrões apresentaram PT menor do que a ideal, aceita por estes autores. O tratamento 5 tem em sua composição o Decalite, material muito fino, o que contribui para a diminuição da quantidade dos poros. Guerrini; Trigueiro (2004) estudando os atributos físicos de substratos compostos por Biossólidos e Casca de Arroz Carbonizada observaram que quando se aumenta a dose de Biossólido ocorre uma diminuição na porosidade total.

Quadro 10 – Análise dos valores dos principais atributos físicos dos substratos para plantas produzidos pelo processo de compostagem.

		TRATAMENTOS								
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
<i>DS</i>	<i>t m⁻³</i>	0,37 a	0,22 d	0,23 d	0,31 abcd	0,24 bcd	0,33 ab	0,3 abcd	0,32 abc	0,38 a
<i>DP</i>		1,28 abc	0,96 cd	0,66 d	1 bcd	0,6 d	1,4 ab	0,81 d	1,47 a	1,49 a
<i>DMP</i>	<i>mm</i>	1,46 de	2,80 a	2,05 bc	1,80 cd	1,88 bcd	1,35 de	2,30 b	1,31 ef	0,97 f
<i>PT</i>	<i>%</i>	71 abc	73 abc	64 abc	69 abc	60 c	76 ab	62 bc	78 a	74 ab
<i>MA60</i>		32 ab	26 b	27 b	32 ab	29 b	29 b	29 b	33 ab	39 a
<i>MI60</i>		37 abc	47 a	37 bc	37 bc	31 c	47 a	33 c	44 ab	35 bc
<i>MA100</i>		29 a	24 a	23 a	28 a	27 a	26 a	26 a	31 a	29 a
<i>MI100</i>		42 abcd	49 ab	41 abcd	40 bcd	33 d	50 a	36 cd	46 ab	45 abc

T1 – BC+EB; T2 – BC+CA; T3 – BC+EB+CA; T4 – BC+EB+CA+PB; T5 – BC+EB+CA+DC; T6 – BC+EB+CA+AR; T7 – EB+CA; T8 – HUM; T9 – PLTM; DS – Densidade do substrato; DP – Densidade de partícula; DMP – Diâmetro médio ponderado; PT – Porosidade total; MA60 – macroporos a 60 cm de coluna d'água; Mi60 – microporos a 60 cm de coluna d'água; MA100 – macroporos a 100 cm de coluna d'água; MI100 – microporos a 100 cm de coluna d'água. Avaliação pelo Teste de Tukey ($P < 0,05$)

Os valores de Diâmetro Médio Ponderado (DMP) variaram de 0,97 (T9) a 2,80 mm (T2). Comparando-se os tratamentos pode-se observar que o T2 apresentou o maior valor de DMP (2,8 mm) e que foi significativamente superior aos demais ($P < 0,05$). Os tratamentos com Cartilagem Animal não diferiram estatisticamente entre si no valor de DMP ($P > 0,05$).

Os valores de Macroporos na tensão de 60cm de coluna d'água (MA60) variaram de 39 (T9) a 26 % (T2). A variação entre os tratamentos não foi significativa ($P > 0,05$) e analisando os substratos que contém Cartilagem Animal, estes não diferiram significativamente entre si e com os outros tratamentos. Guerrini; Trigueiro (2004) adicionando Casca de Arroz Carbonizada observaram um aumento na quantidade de macroporos em função de ser um material leve e inerte a hidratação.

Os valores de Microporos na tensão de 60 cm de coluna d'água (MI60) variaram de 47 (T6 e T2) a 31% (T5) e todos os substratos não diferiram estatisticamente entre si. Os tratamentos que receberam a adição de Cartilagem Animal apresentaram um comportamento intermediário.

Os valores de Macroporos na tensão de 100cm de coluna d'água (MA100) variaram de 31 (T8) a 23 % (T3), não ocorrendo diferença estatística significativa entre os tratamentos ($P > 0,05$).

Os valores de Microporos na tensão de 100 cm de coluna d'água (MI100) variaram de 50 (T6) a 33% (T5) e os substratos não diferiram estatisticamente entre si. Os tratamentos que receberam a adição de Cartilagem Animal apresentaram um comportamento intermediário. O comportamento dos tratamentos foi o mesmo da avaliação da Microporosidade a 60cm. Já Guerrini; Trigueiro (2004) observaram que o aumento nas doses de bio-sólido na composição de substratos ocasiona uma elevação na microporosidade.

Comparando os valores médios dos atributos analisadas dos tratamentos T4, T5 e T6, formados a base de BC+EB+CA e onde foram adicionados PB, DC e AR, respectivamente, pode-se observar que não houve diferenças significativas

($P > 0,05$) nos valores de DS, DP, DMP, PT, MA60, MA100. No entanto, o T6, com Areia, apresentaram valores de MI60 e MI100 superiores ($P < 0,05$) do que os substratos T4 e T5, isto é maior capacidade de retenção de água.

4.3 Produção de Matéria Seca do Milho

A análise dos parâmetros da morfometria da planta do milho (MSPA, MSR, MST, NFT, Alt) apresentaram diferenças estatísticas significativas ao nível de 5% pelo Teste de Tukey. A tabulação dos dados encontra-se no Quadro 11.

Os valores da produção de Matéria Seca da Parte Aérea (MSPA) do milho variaram de 20,3 (T1) a 2,1g (T4). Os tratamentos considerados padrão (T1, T8, T9) não apresentaram diferença estatística ($P > 0,05$) para produção de Matéria Seca da Parte Aérea (MSPA), Matéria Seca Radicular (MSR), Matéria Seca Total (MST), Número Total de Folhas (NFT) e Altura da Planta (ALT). Nos tratamentos onde foram adicionados Cartilagem Animal e Decalite, houveram diferenças estatísticas significativas ($P < 0,05$) entre os tratamentos. A adição de CA ao BC foi superior ($P < 0,05$) à adição de CA ao BC.

Quadro 11 – Valores da avaliação da produção de Matéria Seca do Milho nos diferentes substratos estudados

Trat	Descrição	MSPA	MSR	MST	NFT	ALT
		g	g	g	número	cm
1	BC ¹ +EB ²	20,3 a	9,9 ab	30,2 a	17,7 ab	178,7 a
2	BC+CA ³	6,3 b	2,3 c	8,8 b	17,0 ab	175,4 a
3	BC+EB+CA	16,4 a	14,4 a	30,7 a	16,7 b	192,9 a
4	BC+EB+CA+PB ⁴	2,1 b	0,9 c	3,0 b	8,7 c	71,4 b
5	BC+EB+CA+DC ⁵	14,8 a	11,0 ab	25,8 a	18,7 a	194,0 a
6	BC+EB+CA+AR ⁶	16,5 a	14,3 a	30,8 a	18,2 ab	194,6 a
7	EB+CA	14,4 a	12,5 a	27,0 a	18,2 ab	177,8 a
8	HUM ⁷	18,1 a	5,8 bc	23,8 a	18,2 ab	179,5 a
9	PLTM ⁸	18,5 a	11,1 ab	29,5 a	18,5 ab	193,6 a

MSPA – massa seca parte aérea; MSR – massa seca raiz; MST massa seca total; NFT - número de folhas total; ALT – altura total de plantas. Avaliação pelo Teste de Tukey $P < 0,05$. Valores na mesma coluna com letras diferentes diferem entre si ($P < 0,05$) pelo Teste de Tukey.

¹Bagaço de Cana; ²Esterco Bovino; ³Cartilagem Animal; ⁴Pó-de-Basalto; ⁵Decalite; ⁶Areia; ⁷Humus de Minhoca; ⁸Plantimax®

No T2 foi observado durante a fase vegetativa do experimento o aparecimento de clorose entre as nervuras das folhas que indicava a deficiência do nutriente potássio. Este fato se deu pela competição nutricional entre o Ca e Mg,

nutrientes encontrados em teores elevados nos diferentes substratos, e o teor de K, onde absorção do K pela planta foi totalmente prejudicada.

Comparando-se T3, T4, T5 e T6, formados basicamente por BC, EB e CA, o T4, que recebeu além desses resíduos, também Pó de Basalto (PB) foi significamente menor ($P < 0,05$) que aos demais na produção de MSPA, MSR, MST, NFT e ALT. Estas análises nos mostraram que a Cartilagem Bovina e o Decalite, podem ser usados como parte de substratos originados de compostagem, sem comprometer o desenvolvimento da parte aérea das culturas. A Cartilagem animal apresenta melhores resultados quando associada a outros materiais como o Bagaço de Cana e o Esterco Bovino.

Os valores encontrados nos substratos para a produção de Matéria Seca Raiz do milho variaram de 14,4 (T3) a 0,9 g (T4). Comparando-se todos os tratamentos, estes não apresentaram diferenças estatísticas significativa ($P > 0,05$)

Os valores de produção de Matéria Seca Total (MST) variaram de 30,8 (T6) a 3,0g (T4). Na avaliação da produção de MST os melhores desempenhos ($P < 0,05$) foram encontrados nos tratamentos T1, T3, T5, T6, T7, T8 e T9. A utilização de BC, EB, e CA, nos diferentes tratamentos (T1, T2, T7) mostrou que o EB, seguido do CA (T1 e T7), foram os materiais que proporcionaram as melhores condições para a produção de MSPA, MSR e MST. Também se pode concluir que a substituição de Esterco Bovino por Cartilagem Animal favoreceu o bom desenvolvimento da cultura do milho.

A matriz de Correlação de Pearson (r), entre os parâmetros morfométricos analisados (Quadro 12) mostraram que todos os parâmetros analisados, apresentaram correlações significativas ($P < 0,05$). As melhores correlações foram observadas entre as variáveis MST versus MSPA ($r = 0,94$), MST versus MSR ($r = 0,90$) e ALT versus NFT ($r = 0,90$). As correlações encontram-se no Quadro 6 e Figuras 1 e 2.

Quadro 12 – Valores da correlação de Pearson (r) dos atributos morfométricos avaliadas na cultura de milho, significativos ao nível de 5%

	MSPA	MSR	MST	NFT	ALT
MSPA	1				
MSR	0,69	1			
MST	0,94	0,90	1		
NFT	0,71	0,60	0,72	1	
ALT	0,72	0,64	0,74	0,90	1

MSPA – Massa Seca da Parte Aérea; MSR – Massa Seca da Raiz; MST Massa Seca Total; NFT – Número Total de Folhas; ALT – Altura Total de Plantas

Qualquer um dos atributos morfométricas analisadas poderia ser utilizada como parâmetro para avaliação dos substratos. Entretanto será utilizada a variável MSPA, visando minimizar os erros. Poderia ser utilizada a variável MST, mas esta leva em consideração a MSR, que pela dificuldade encontradas na sua obtenção nos diferentes tratamentos, pela limpeza exigida e avaliação, pode induzir a erros.

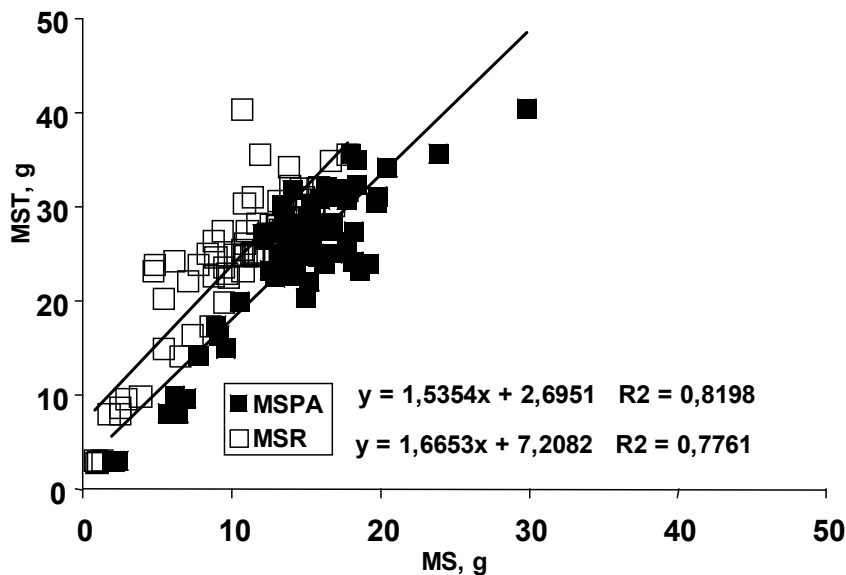


Figura 1 – Correlação entre a produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) e da matéria seca radicular (MSR), em relação à massa seca total (MST) do milho utilizando os resultados de todos os tratamentos.

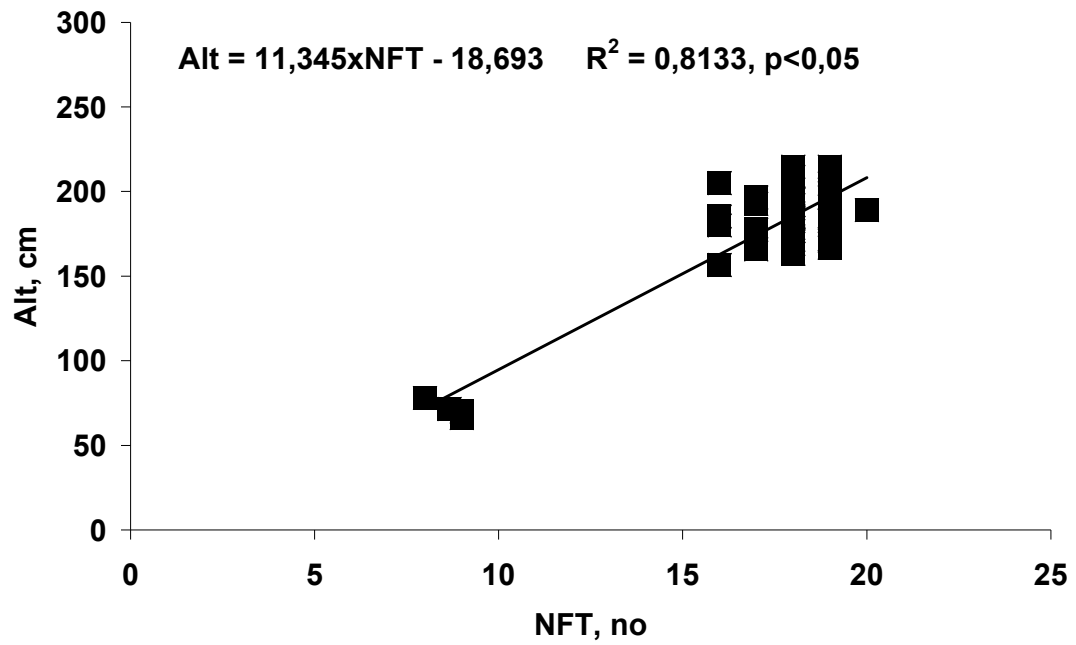


Figura 2 – Correlação entre a produção de altura total de planta(ALT) e da número de folhas total (NFT), em relação à massa seca total (MST) do milho utilizando os resultados de todos os tratamentos.

4.3.1 Influência dos Atributos Químicos na Produção de Matéria Seca da Parte Aérea (MSPA) do Milho (*Zea mays*, L.)

A Produção de Matéria Seca da Parte Aérea do milho, foi afetada negativamente no tratamento T2. Os fatores que mais influenciaram foram a alta concentração de Zn ($17,6 \text{ mg dm}^{-3}$) e a baixa concentração de K ($0,45 \text{ mg dm}^{-3}$) e Cu ($0,09 \text{ mg dm}^{-3}$) em relação aos outros tratamentos. Mesmo apresentando altos teores de Mg foi observado, durante a fase de vegetativa da planta do milho, sintomas de deficiência deste elemento.

Quadro 13 – Valores de correlações de Pearson (r) entre os componentes morfométricos (MSPA, MSR, NFT, ALT) e os atributos químicos dos substratos analisados.

	MSPA	MSR	MST	NFT	ALTT
pH CaCl ₂	ns	ns	ns	ns	ns
pH H ₂ O	ns	ns	ns	ns	ns
MO	ns	ns	ns	ns	ns
NT	-0,33	ns	ns	ns	ns
C/N	Ns	ns	ns	ns	ns
Ca ²⁺	-0,46	ns	ns	ns	ns
Mg ²⁺	ns	ns	ns	ns	ns
K ⁺	ns	ns	ns	ns	ns
Na ⁺	ns	ns	ns	ns	ns
Al ³⁺	ns	0,34	ns	ns	ns
H ⁺ + Al ³⁺	-0,38	ns	ns	ns	ns
CTC	0,38	ns	ns	ns	ns
V	Ns	ns	ns	ns	ns
m	-0,53	ns	ns	-0,33	ns
PST	ns	ns	ns	ns	ns
P	ns	ns	ns	ns	ns
CE	ns	ns	ns	ns	ns
Mn	0,49	ns	0,39	ns	ns
Fe	ns	ns	ns	ns	-0,35
Zn	-0,34	-0,50	-0,45	ns	ns
Cu	ns	ns	ns	ns	ns

MSPA – Massa seca da parte aérea; MSR – Massa seca da parte aérea; MST – Massa seca total; NF – Número de Folhas; ALT – Altura Total; MO – Matéria Orgânica; NT – Nitrogênio Total; C/N – Relação C/N; Ca²⁺ - Cálcio; Mg²⁺ - Magnésio; K⁺ - Potássio; Na⁺ - Sódio; Al³⁺ - Alumínio; H⁺ + Al³⁺ - Hidrogênio + Alumínio; CTC – Capacidade de Troca Catiônica; V – Valor V%; m – Saturação por Alumínio; PST – Porcentagem de Sódio Trocável; P – Fósforo; CE – Concentração Elétrica; Mn – Manganês; Fe – Ferro; Zn – Zinco; Cu – Cobre.

O valor de MSPA no Tratamento T2 também é fortemente influenciado pela saturação de alumínio encontrada (Quadro 8 - $m\% = 5,56 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$). Pode-se

visualizar no Quadro 10 onde a correlação de Pearson entre MSPA e m% é significativa e negativa ($r = -0,34$).

Ao analisar o Quadro 12 pode-se observar que os elementos que apresentaram correlação negativa com a produção de matéria seca da parte aérea do milho foram: Nitrogênio Total ($r=-0,33$), Cálcio ($r=-0,46$), Hidrogênio + Alumínio ($r=-0,38$), Valor m% ($r=-0,53$) e Zinco ($-0,34$). O nutriente Zn, juntamente com, NT, Al^{3+} , m% foram fatores que influenciaram o Tratamento T4 na baixa produção de MSPA, confirmado pelos teores encontrados a partir da análise química realizada (Quadro 7).

A associação entre o teor de Zn e o teor de K^+ foi a provável causa do aparecimento do sintoma de deficiência de Mg^{+2} . De acordo com Malavolta (1987) alguns nutrientes podem sofrer antagonismo ou inibição competitiva como no caso de altas concentrações de Mg^{+2} e Al^{3+} .

A Produção de Matéria Seca da Parte Aérea do milho, também foi afetada negativamente no tratamento T4. O tratamento T4 apresentou uma diminuição nos valores de pH ($pH CaCl_2 = 5,1$; $pH H_2O = 5,2$), concentração de Nitrogênio Total elevada (3,7%), teores de Na^+ de médio para elevado ($0,48 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), uma combinação nos teores de Al^{3+} e $H^+ + Al^{3+}$ ($1,28 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e $4,18 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), em consequência do Al^{3+} e do Na^+ valores de saturação por alumínio (m%) e Porcentagem de Sódio Trocável altos (5,8% e 1,92%). Os micronutrientes Zn, Fe e principalmente o Mn apresentaram valores segundo Costa; Oliveira (1998) entre alto e muito alto, já o Cu apresentou teores baixos ($0,16 \text{ mg dm}^{-3}$). Associação destes fatores ocasionou no desenvolvimento inferior da parte aérea do milho, sendo este o pior entre todos os tratamentos.

Os tratamentos T3, T5, T6 e T7, juntamente com os tratamentos padrão, apresentaram teores intermediários de elementos, proporcionando melhores produções de MSPA, e principalmente sem diferir estatisticamente entre eles (Quadro 12)

4.3.2 Influência dos Atributos Físicos na Produção de Matéria Seca do Milho (*Zea mays*, L.)

Os tratamentos considerados padrão apresentaram maiores densidade, maior porosidade total, maior quantidade de macroporos e quantidade de microporos intermediária. Já os piores tratamentos apresentaram comportamentos diferentes em relação a densidade do solo o T2 apresentou menor densidade enquanto que o T4 apresentou maior densidade. Ainda o T2 apresentou maior quantidade de microporos e conseqüentemente menor quantidade de macroporos.

Pode-se observar que a produção de matéria seca da parte área correlaciona-se negativamente com o diâmetro médio ponderado (DMP) e também a produção de matéria seca total possui correlação negativa com o DMP e positivamente com a Densidade do Substrato (DS)

Quadro 14 – Valores de correlações de Pearson (r) entre os componentes morfométricos (MSPA, MSR, NFT, ALT) e os atributos físicos dos substratos analisados.

	<i>MSPA</i>	<i>MSR</i>	<i>MST</i>	<i>NFT</i>	<i>ALT</i>
DS	0,41	ns	ns	ns	ns
DP	ns	ns	ns	ns	ns
PT	ns	ns	ns	ns	ns
MA60	ns	ns	ns	ns	ns
MI60	ns	ns	ns	ns	ns
MA100	ns	ns	ns	ns	ns
MI100	ns	ns	ns	ns	ns
DMP	-0,51	ns	-0,43	ns	ns

MSPA – Massa seca da parte aérea; MSR – Massa seca da parte aérea; MST – Massa seca total; NF – Número de Folhas; ALT – Altura Total; DS – Densidade do substrato; DP – Densidade de partícula; DMP – Diâmetro médio ponderado; PT – Porosidade total; MA60 – macroporos a 60 cm de coluna d’água; Mi60 – microporos a 60 cm de coluna d’água; MA100 – macroporos a 100 cm de coluna d’água; MI100 – microporos a 100 cm de coluna d’água

A correlação de Pearson entre a MSPA e DS é $r = 0,41$. Assim se a densidade for maior mais MSPA teremos. Entretanto em solos se a densidade do solo é aumentada, temos uma redução no desenvolvimento das plantas. Em nosso caso os substratos possuem grande quantidade de Matéria Orgânica favorecendo a diminuição da DS.

Quadro 15 – Valores de correlações de Pearson e os atributos físicos dos substratos analisados (DS, DP, PT, MA60, MI60, MA100, MI100).

	DS	DP	PT	MA60	MI60	MA100	MI100	DMP
DS	1							
DP	0,65	1						
PT	ns	0,84	1					
MA60	ns	0,55	0,55	1				
MI60	ns	0,58	0,77	ns	1			
MA100	ns	0,38	0,54	0,84	ns	1		
MI100	ns	0,73	0,80	ns	0,91	ns	1	
DMP	-0,71	-0,61	ns	-0,54	ns	ns	ns	1

DS – Densidade do substrato; DP – Densidade de partícula; DMP – Diâmetro médio ponderado; PT – Porosidade total; MA60 – macroporos a 60 cm de coluna d’água; MI60 – microporos a 60 cm de coluna d’água; MA100 – macroporos a 100 cm de coluna d’água; MI100 – microporos a 100 cm de coluna d’água. Avaliação pelo Teste de Tukey (P < 0,05)

No quadro 15 pode-se observar que a Densidade do Substrato (DS) apresenta uma correlação positiva com a Densidade de Partícula (DP) (r=0,65). O Diâmetro Médio Ponderado (DMP) apresenta correlações negativas com a DS (r = -0,71), com a DP (r = -0,61) e com a Macroporosidade a 60 cm de coluna d’água (r = -0,54). O DP correlaciona-se positivamente com todos os atributos físicos exceto o DMP (r = -0,61). A Porosidade Total (PT) correlaciona-se positivamente com todos os atributos físicos exceto o DMP.

Pode-se visualizar na Figura 3 o comportamento da correlação de Pearson entre a DS e o DMP.

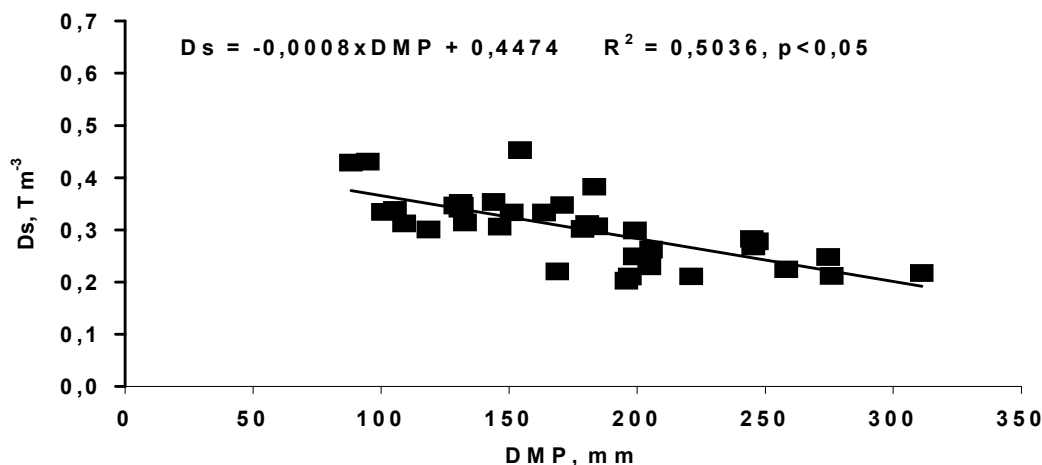


Figura 3 – Correlação entre a densidade do substrato (DS) e o diâmetro médio ponderado (DMP) dos substratos, utilizando os resultados de todos os tratamentos.

A correlação de Pearson entre DS e DP é positiva ($r=0,65$). Este fato nos mostra que com o aumento da DP ocorre um aumento da DS. Na figura 4 pode-se visualizar o comportamento destes dois fatores.

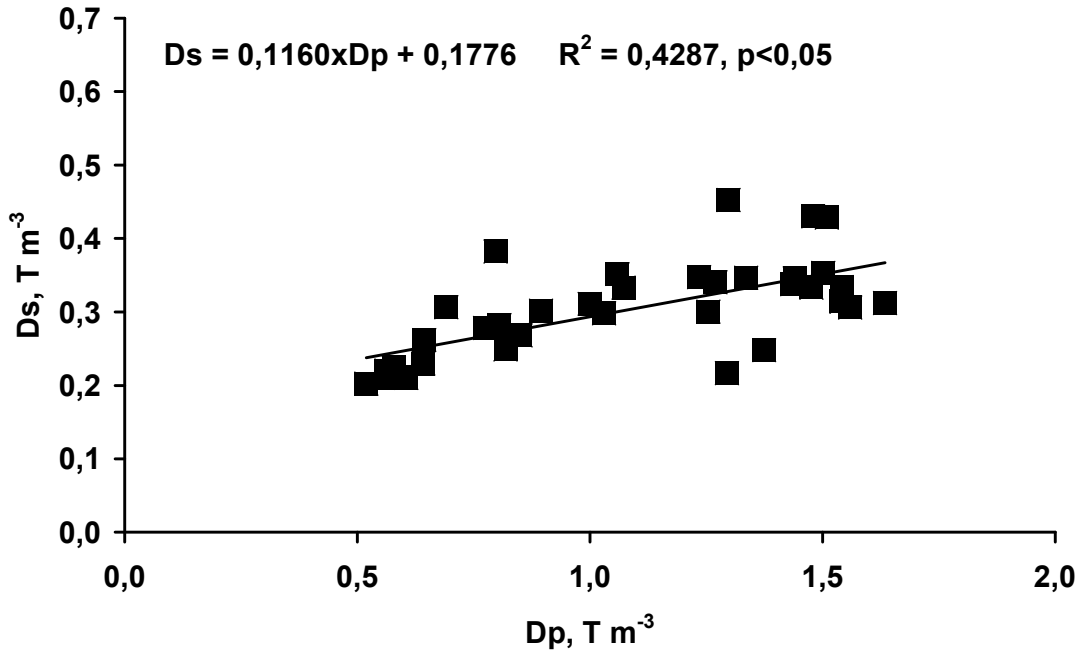


Figura 4 – Correlação entre a densidade do substrato (DS) e a densidade de partícula (DP) dos substratos, utilizando os resultados de todos os tratamentos.

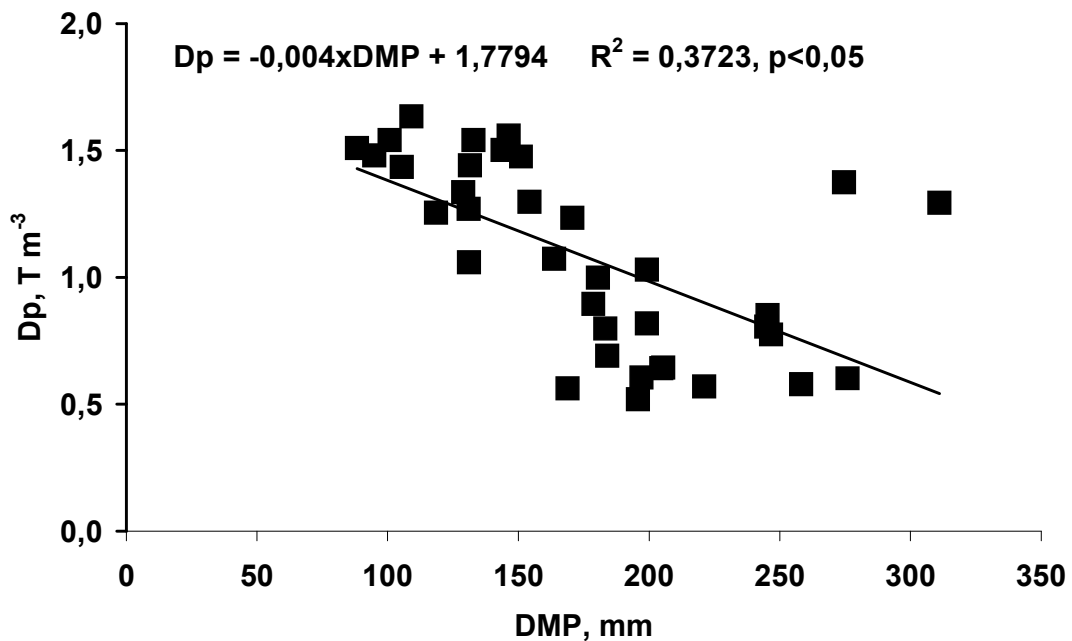


Figura 5 – Correlação entre a densidade de partícula (DP) e diâmetro médio ponderado (DMP) dos substratos, utilizando os resultados de todos os tratamentos.

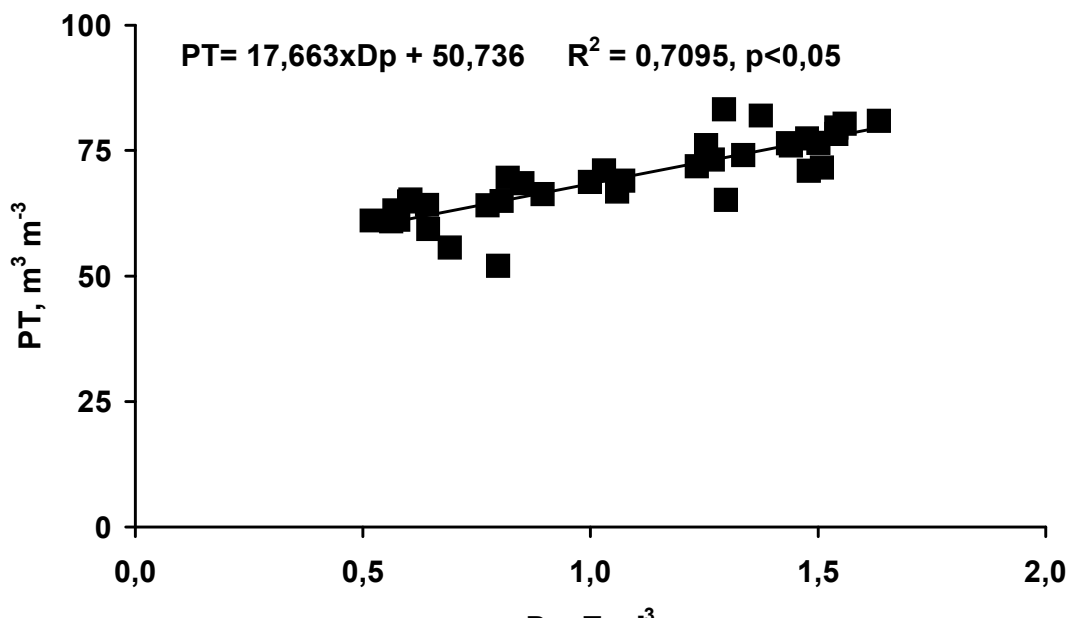


Figura 6 – Correlação entre a porosidade total (PT) e a densidade de partícula (DP) dos substratos, utilizando os resultados de todos os tratamentos.

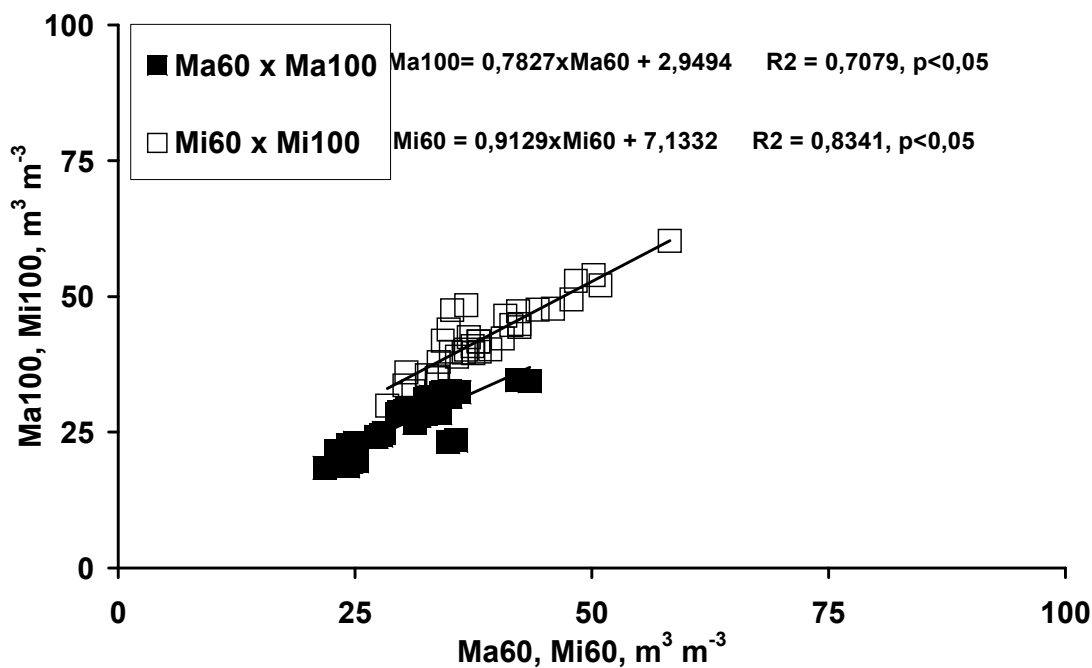


Figura 7 – Correlação entre o volume de macroporos a 100cm de coluna de água (Ma100), volume de microporos a 100cm de coluna de água (Mi100) e o volume de macroporos a 60cm de coluna de água (Ma60), volume de microporos a 60cm de coluna de água (Mi60) dos substratos, utilizando os resultados de todos os tratamentos.

5. CONCLUSÕES

A Cartilagem Animal e o Decalite podem ser utilizados como componentes para a formação de substratos, a partir da sua compostagem.

A adição de Cartilagem Animal e outros resíduos inorgânicos aos substratos produzidos, não apresentou diferenças significativas ($P > 0,05$), nos seguintes atributos físicos: Densidade de Partícula, Porosidade Total, Macroporosidade a 60cm e 100cm, Microporosidade a 60cm e a 100cm.

O Diâmetro Médio Ponderado do tratamento que recebeu Cartilagem Animal e Bagaço de Cana, foi significativamente maior ($P < 0,05$) que os demais tratamentos que receberam Cartilagem Animal e/ou Resíduos inorgânicos.

A adição de Decalite influenciou diretamente no aumento dos teores de Na nos substratos preparados.

A adição de Cartilagem Animal aumentou os teores de Nitrogênio, Zinco e principalmente Fósforo nos substratos preparados. Fósforo foi o elemento encontrado em maior quantidade nos substratos.

Os substratos possuíam Fósforo na sua composição apresentaram altos teores deste elemento sem complementação de adubos químicos.

Os altos teores de Matéria Orgânica, encontrados em todos os substratos analisados determinaram uma elevada CTC, e minimizaram os efeitos da concentração de Alumínio, os altos valores da Condutividade Elétrica e os baixos valores de pH encontrados.

Os altos teores de Zinco determinados no tratamento T2 ocasionaram, por competição, deficiência visual de Magnésio nas plantas de milho.

O Pó de Basalto, na proporção de 10% v/v, não resultou em condições favoráveis para o desenvolvimento da cultura, em função da sua menor capacidade de retenção de água.

A produção de matéria seca da parte aérea do milho, no tratamento T4, foi prejudicada, pelo efeito da alta concentração de Cu e Fe e pelo valor m% elevado.

A baixa produção de matéria seca da parte aérea no tratamento T2 é devido a ação combinada de diferentes fatores químicos como: baixa concentração de K, alta concentração de Mg e Ca, altas concentrações de micronutrientes, e dos

atributos físicos como: alta quantidade de microporos e baixa quantidade de macroporos.

O diâmetro médio ponderado foi a única característica física que influenciou negativamente na produção de matéria seca da parte aérea do milho.

A densidade do substrato apresentou correlação positiva com a produção da matéria seca da parte aérea do milho.

Os tratamentos T2 e T4 apresentaram a pior produção de matéria seca da parte aérea do milho (6,3 e 2,1g).

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRIOLO, J. L.; DUARTE, T. S.; LUDKE, L.; SKREBSKY, E. C. *Crescimento e desenvolvimento de tomateiro cultivado em substrato com fertirrigação*. Revista Horticultura Brasileira, v. 15, nº 1, p 28, 1997.
- BACKES, M. A; KAMPF, A. N. *Substrato a base de lixo urbano para produção de plantas ornamentais*. Brasília. Pesquisa Agropecuária Brasileira. V. 26, nº 5, p, 753-758, 1991.
- BELLÉ, S.; KÄMPF, A. N. *Produção de mudas de maracujá amarelo em substrato a base de Turfa*. Brasília, Pesquisa Agropecuária Brasileira, v 28, nº 3, p. 387 – 390, 1993.
- BENITO, M. MASGUER, A. MOLINER, A. DE ANTONIO, R. *Chemical and physical properties of pruning waste compost and their seasonal variability*. Bioresource Technology, Madri 2005.
- BERNARDI, A. C. C.; CARMELLO, Q. A. C.; CARVALHO, S. A. *Desenvolvimento de mudas de citros cultivadas em vaso em resposta à adubação NPK*. Piracicaba. Scientia Agrícola, v 57, nº 4, 2000, p. 733 – 738.
- BOUGOUL, S.; RUY, S.; DE GROOT, F.; BOULARD, T. *hydraulic and physical properties of stonewool substrates in horticulture*. Scientia Horticulturae, nº 104, p 391 – 405, 2005.
- BOSA, N.; CALVETE, E. O.; KLEIN, V. A.; SUZIN, M. *Crescimento de mudas de gipsofila em diferentes substratos*. Brasília. Horticultura Brasileira, v 21, nº 3, p. 514 – 519, 2003.
- BUNT, A. C. *Some physical proprieties of pot-plant composts and their effects on plant growth I. bulk physical conditioners*. Plant and soil, v 13, nº 4, p. 322 – 332, 1961.
- CAÍRES, E. F.; KUSMAN, M. T.; BARTH, G.; GARBUIO, F. J.; PADILHA J. M. *Alterações químicas do solo e resposta do milho à calagem e aplicação de gesso*. . Campinas: São Paulo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 28, p. 125 – 136. 2004.
- COOSEMA, J. *Possibilities of sewage sludge used as a fertilizer in agriculture*. Acta Horticulture, 1983. p. 150.
- COSTA, A. C. S. da. *Iron oxide mineralogy of soils derived from volcanic rocks in the Paraná river basin, Brazil*. Ohaio. The Ohaio State University, 1996. 234p
- COSTA, M. A. T. *Propriedades químicas e físicas de dois solos argilosos após a aplicação de dejetos líquido de suínos e seus efeitos no desempenho agrônômico do milho (Zea mays L.)*. Maringá. UEM. Dissertação de Mestrado, 2004. 87p.

- COSTA, M. S. S. M.; COSTA L. A. M.; OLIBONE D.; RÖDER C.; BURIN A.; KAUFMANN A. V.; ORTOLAN M. L. *Efeito da aeração no primeiro estágio da compostagem de carcaça de aves*. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.25, n.2, p.549-556. 2005
- DUTRA, L. *Teste de substrato e da época de coleta de ramos enraizamento de estacas de ameixeira (*Phums salicina Lind.*)* Ciência Rural, Santa Maria. v 26, nº 3, 1996. p 361 – 366.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de solos. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro. 2ª ed. ver. Atual, 1997 212p
- FIELD, R.A. *Ash and calcium as measures of bone in meat and bone mixtures*. Meat Science, Laramie, v 55, p. 255-264.
- GRUDA, N.; SCHNITZLER, W.H. *Suitability of wood fiber substrate for production of vegetable transplants I. Physical properties of wood fiber substrates*. Scientia Horticulturae, p 309 – 322, 2004.
- GUERRINI, I.A.; TRIGUEIRO, R.M. *Estudo das atributos físicas e químicas de substratos compostos por biossólido e Casca de Arroz Carbonizada*. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 28, n. 6, 2004.
- JAHNEL, M. C.; MELLONI, F.; CARDOSO, E. F. B. *Maturidade de compostos de lixo urbano*. V 56, nº 2, p. 255 a 507, 1999.
- KAMPF, A. N. *Impedância mecânica em substratos hortícolas*. Brasília. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v 34, n 11, 1999, p. 2157 – 2161.
- KAMPF, A. N. *Produção comercial de plantas ornamentais*. Guaíba Agropecuária, p 254, 2000.
- KIEHL, E. J. *Fertilizantes orgânicos*. São Paulo. Ed. Agronômica Ceres, p 492, 1985.
- KIEHL, E. J. *Manual de edafologia relação solo planta*. São Paulo. Ed. Agronômica Ceres, 1979, p. 185.
- KLUDA, A. P.; MOTTA, A. C. V.; KLUDA, M. E. *Efeito do uso do Pó de Basalto aplicado a um cambisolo álico sobre o solo e crescimento do trigo*. Curitiba. Ed. da UFPR, v 15(2), p. 187 – 195, 1996.
- LIMA, A. M. L. P.; MINAM, K.; MACEDO, J. C. R. *Uso de Vermiculita em mistura com Casca de Pinus e de arroz no enraizamento de plantas*. In: Congresso da sociedade brasileira de floricultura e plantas ornamentais, 3. Salvador , 1982. Anais. São Paulo. Instituto de Botânica. Campinas, Fundação Cargil, p 183-191, 1986.

- LIMA, J.S.; DE QUEIROZ, J.E.G.; FREITAS, H.B. *Effect of selected and non-selected urban waste compost on the initial growth of corn*. Resources, Conservation and Recycling, nº 42, p 309 – 315, 2004.
- LOURES, J. L.; FONTES. P. C. R.; SEDIAMA, M. A. N.; CASALI, V. W. D.; CARDOSO, A. A. *Produção e teores de nutrientes no tomateiro cultivado em substrato contendo esterco de suínos*. Revista Horticultura Brasileira, v. 16, nº 1, 1998.
- MALAVOLTA, E. "Nutrição Mineral das Plantas". p.33-101 in Curso de Atualização em Fertilidade do Solo. Fundação Cargill. Campinas, 1987.
- MELO, A. C. *Efeito de recipiente e substrato no comportamento silvicultural de plantas de Eucaliptus grandis Hill ex. maiden e do Eucaliptus urophila st Brake*. Piracicaba, Esalq, dissertação de mestrado. 1989. 80p.
- MENEZES JUNIOR, F. O. G.; FERNÁNDEZ, H. S. *Substratos comerciais e com esterco de curral na produção de mudas de couve-flor*. Revista Brasileira de Agrociência, Pelotas, v 5, nº 1, p. 7 – 11, 1999.
- MEURER, E.J. *Fundamentos de química do solo*. Gênese. Porto Alegre, 2004. 290p.
- MINER, J. A. *Substratos propiedades y caracterizacion*. Ediciones Mundi. Presa, Barcelona, 1994. 171p.
- PEREIRA, B. A.; PASQUAL, M.; RIBEIRO, L. S.; MENDES, A. N. G.; RESENDE E. *Enraizamento de estacas de **Coffea arábica** L. em diferentes substratos*. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v 26, nº 4, p. 741 – 748, 2002.
- PEREIRA, P. R. G.; MARTINEZ, H. E. P. *Produção de mudas para o cultivo de hortaliças em solo e hidroponia*. Belo Horizonte. Informe agropecuário, v. 20, nº 200-2001, p 1-148, 1999
- POKORNY, F. A. *Available water and root development with in the micropores of pine bark particles*. J. of environmental horticulture, v 8(2),p 89 – 92. 1987
- PROCHNOW, L. I.; KIEHL, J. C.; PISMEL, F. S., CORRENTE, J. E. *Controlling ammonia losses during manure composting with the addition of phosphogypsum and simple super phosphate*. Scientia Agrícola. Piracicaba, v2, nº52, p. 346 – 349. 1995.
- SAS. STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE. SAS/STAT. Procedure guide for personal computers. Version 5, SAS Inst. Cary. NC. 1999.
- SALVADOR, E. D. ; MINAMI, K. *Avaliação de diferentes substratos no cultivo de grama esmeralda (Zoysia japonica Steud.) em bandejas*. Ciências e Agrotecnologia, Lavras, v 26,nº 2, p. 237 – 243, 2002.

SOUZA, G.A.; CAMARGO, F.A.O. Fundamentos da Matéria Orgânica do Solo – Ecossistemas Tropicais e Subtropicais. 1.ed. Porto Alegre, Gênese, 1999. 491p.

SCHMITZ, J. A. K.; SOUZA, P. V. D.; KÄMPF, A. N. *Propriedades químicas e físicas de substratos de origem mineral e orgânica para o cultivo de mudas em recipientes*. Ciência Rural, Santa Maria, v 32, nº 6, 2002, p. 937 - 944

SILVA, J.; LIMA E SILVA, P.S.; OLIVEIRA, M.; BARBOSA E SILVA, K.M. *Efeito de Esterco Bovino sobre os rendimentos de espigas verdes e de grãos de milho*. Horticultura Brasileira, Brasília, v.22, n.2, p.326-331, abril-junho 2004.

SILVEIRA E. B.; RODRIGUES, V. J. L. B.; GOMES, A. M. A.; MARIANO, R. L. R.; MESQUITA, J. C. P. *Pó de coco como substrato para produção de mudas de tomateiro*. Horticultura Brasileira, Brasília, v 20, nº 2, p. 211 – 216, 2002.

SOUZA, P. A.; NEGREIROS, M. Z.; MENEZES, J. B.; BEZERRA NETO, F.; CARNEIRO, C. R.; QUEIROGA, R. C. F. *Características químicas de folhas de alface cultivada sob efeito residual da adubação com Composto Orgânico*. Horticultura Brasileira, Brasília, v. 23, nº 3, p 754 – 757. 2005.

STRINGHETA, A. C. B.; RODRIGUES, L. A.; FONTES, L. F.; COSTA, C. A. *Caracterização física de substratos contendo composto de lixo urbano e Casca de Arroz Carbonizada como condicionadores*. Campinas: São Paulo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 21, nº 1, p 1 – 164. 1997

STRINGHETA, A. C. O.; CARDOSO, A. A.; LOPES, L. C.; FONTES, L. E. F. *Crescimento de crisântemo em substrato contendo composto de lixo urbano e Casca de Arroz Carbonizadas*. Viçosa: Minas Gerais, Revista Ceres, v 46, nº 264, p 175 – 188, 1999.

THEODORO, V.C.A.; ALVARENGA, M.I.N.; GUIMARÃES, R.J.; MOURÃO JUNIOR, M. *Propriedades físicas de um latossolo vermelho-escuro sob mata nativa e sistemas de produção de café orgânico, em conversão e convencional*. in: www.planetaorganico.com.br/trabVanessa2.htm, 2002

TRANI, P. E.; NOVO, M. C. S. S.; CAVALLO JUNIOR, M. L.; TELLES, L. M. G. *Produção de mudas de alface em bandejas e substratos comerciais*. Horticultura Brasileira, Brasília, v 22, nº 2, p. 290 – 294, 2004.

TRIGUEIRO, R. M.; GUERRINI, I. A. *Uso de bio-sólido como substrato para produção de mudas de eucalipto*. Scientia Forestalis, Piracicaba, nº 64, p. 150 – 162, 2003.

VERDONCK, O.; VLEESCHAUWER, D.; BOODT, M. *The use of bark-sludge composts as a substrates for ornamental plants*. Acta horticulture 99, p. 119 129. Nottingham: England. 1983.

WARMAN, P. R.; TERMEER, W. C. *Evaluation of sewage sludge, septic waste and sludge compost applications to corn and forage: yields and N, P and K content of crops and soil*. Bioresource Technology, n° 96, p. 955-961. 2005

WARMAN, P. R.; TERMEER, W. C. *Evaluation of sewage sludge, septic waste and sludge compost applications to corn and forage: Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu, Zn and B content of crops and soil*. Bioresource Technology, n° 96, p. 1029 – 1038. 2005

WHITE, W.M. Dry aggregate distribution. In: Carter, M.R. (Ed.). *Soil Sampling and Methods of Analysis*. Canada: Lewis Publis., 1993. p.659-662.