Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

**Efeito de sistemas de preparo de solo e do uso de Microrganismos Eficazes
nas propriedades físicas do solo, produtividade e qualidade de batata**

Cassio Mitsuiki

**Dissertação apresentada, para obtenção do título de
Mestre em Agronomia. Área de concentração: Fitotecnia**

Piracicaba
2006

Cassio Mitsuiki
Engenheiro Agrônomo

**Efeito de sistemas de preparo de solo e do uso de Microrganismos Eficazes nas
propriedades físicas do solo, produtividade e qualidade de batata**

Orientador:
Prof. Dr. **PAULO CESAR TAVARES DE MELO**

Dissertação apresentada, para obtenção do título de Mestre
em Agronomia. Área de concentração: Fitotecnia

Piracicaba
2006

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP

Mitsuiki, Cassio

Efeito de sistemas de preparo de solo e do uso de microrganismos eficazes nas propriedades físicas do solo, produtividade e qualidade de batata / Cassio Mitsuiki. - - Piracicaba, 2006.
97 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2006.

1. Batata – Qualidade 2. Compactação dos solos 3. Microrganismos 4. Preparo do solo
5. Solos - Propriedades físicas I. Título

CDD 633.491

“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”

As minhas irmãs Marli e Ilka,
Aos meus cunhados André e Reinaldo,
A minha sobrinha Camila,
Aos tios Jorge Mitsuiki e Tsutomu Mitsuiki,
Pelo carinho e incentivo.

OFEREÇO

Aos meus pais
Sergio Sheiji Mitsuiki (*in memorian*) e
Teresinha Kimiko Mitsuiki
e a minha namorada
Lígia Aíra de Medeiros
Pelo amor, incentivo, confiança e compreensão.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Paulo César Tavares de Melo pelo incentivo, confiança e orientação.

Ao Prof. Dr. Hasime Tokeshi por todo auxílio, ensinamentos e atenção.

Ao Prof. Dr. Keigo Minami pelos ensinamentos e por disponibilizar o Laboratório de Análise de Substratos para realizar partes das análises desse trabalho.

À Nascente Chapada Ltda. e sua equipe pela confiança, apoio e oportunidade em desenvolver o trabalho.

Aos Eng. Agrônomos Carlos Sussumu Hamahiga e Wellington Hamaguchi pela amizade e por todo apoio necessário para a realização desse trabalho.

À Luciane, secretária do curso de Pós-Graduação da Fitotecnia, pela amizade e profissionalismo.

Aos funcionários do Departamento de Produção Vegetal, especialmente o Aparecido, Galdêncio, Bete, Gerson que me auxiliaram durante a minha permanência no curso.

Ao Sr. Roberto Sako e a empresa MAFES Implementos Agrícolas Ltda. pelo apoio e empréstimo de equipamentos.

A Fundação Mokiti Okada pelo apoio, produtos e empréstimo de equipamentos.

Aos Eng. Agrônomos Célio Kamimura, Marcelo Akira Saito e Augusto Seiji Tokunaga pela amizade e apoio.

Aos amigos Ubiratan Paiva e Eng. Agrônomo Celso Noboru Yabuki pelos ensinamentos e amizade.

Aos amigos Wilson, Erivelto e Gildane da Nascente Chapada pelo apoio e amizade.

Aos Eng. Agrônomos Kiyoshi Ishida, Orlando Feiler e Mauro Carneiro Bannach pela amizade e apoio dado pela empresa da Bagisa S.A.

Aos amigos da República Poko-Loko pelo companheirismo.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE TABELAS	11
1 INTRODUÇÃO.....	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1 A Cultura da Batata	15
2.2 Características físicas do solo.....	17
2.2.1 Retenção de água, densidade e porosidade do solo	18
2.2.2 Resistência do solo à penetração	19
2.2.3 Infiltração de água no solo	20
2.2.4 Estabilidade de agregados	21
2.3 Microrganismos Eficazes (EM).....	24
2.4 Sistema MAFES de plantio	25
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	28
3.1 Local de implantação do experimento.....	28
3.2 Variedade.....	29
3.3 Delineamento experimental.....	30
3.4 Preparo do solo	30
3.4.1 Sistema convencional de plantio de batata	30
3.4.2 Sistema MAFES de plantio de batata	30
3.5 Plantio.....	31
3.6 Amontoa	31
3.7 Correção e Fertilização da Área	31
3.8 Avaliação da estabilidade de agregados do solo	31
3.9 Curva de retenção de água no solo e densidade do solo.....	33
3.10 Avaliação da resistência à penetração no solo.....	33
3.11 Avaliação da velocidade de infiltração de água no solo.....	34
3.12 Colheita.....	35

3.13 Avaliação da produtividade	35
3.14 Avaliação da massa de torrões e touceiras na colheita mecanizada	35
3.15 Avaliação de danos nos tubérculos.....	35
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
5 CONCLUSÕES.....	84
REFERÊNCIAS	85

RESUMO

Efeito de sistemas de preparo de solo e do uso de Microrganismos Eficazes nas propriedades físicas do solo, produtividade e qualidade de batata

As propriedades físicas do solo são preponderantes para a qualidade e produtividade da cultura da batata. Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar algumas propriedades físicas do solo e a produtividade e qualidade dos tubérculos de batata. O experimento foi instalado em áreas de produção de batata na Chapada Diamantina (BA), de abril a agosto de 2005. O solo foi preparado pelo sistema convencional e pelo sistema alternativo MAFES, ambos associados ou não com a aplicação de Microrganismos Eficazes (EM). Foram avaliadas: a densidade do solo, a estabilidade de agregados, a resistência do solo à penetração, a taxa de infiltração de água e a retenção de água no solo. Também foi avaliada a alteração dessas propriedades do solo em relação à área antes do preparo, que estava sob pastagem de *Brachiaria brizantha*. A massa de torrões e touceiras colhidas juntamente com os tubérculos, bem como os danos mecânicos verificados durante a colheita mecanizada e a porcentagem de tubérculos com danos causados por larva alfinete, sarna e podridões foram quantificados. A produtividade nos diferentes tratamentos foi avaliada dentro da classificação comercial. Em relação ao pasto, os preparos convencional e MAFES alteraram a maioria das propriedades físicas avaliadas. Na área preparada pelo sistema MAFES foi observado, em relação ao preparo convencional, menor resistência à penetração em profundidades de 20 a 45 cm e entre os camalhões. A taxa de infiltração de água foi semelhante entre as áreas preparadas pelos dois sistemas, porém no sistema convencional a infiltração é mais superficial ocorrendo de forma lateral ao longo do perfil. No sistema MAFES a infiltração ocorreu verticalmente no perfil do solo. Menor porcentagem de tubérculos com danos mecânicos foi obtida na área preparada pelo sistema MAFES, devido, principalmente, a menor massa de torrões e touceiras colhidas juntamente com os tubérculos nessa área. A aplicação de EM teve pouca influência nas propriedades físicas do solo, mas propiciou condições que favoreceram o ataque de larva alfinete e sarna aos tubérculos. Apesar da utilização de EM ter reduzido a produção de tubérculos na área preparada pelo sistema MAFES, a produtividade e qualidade dos tubérculos nessa área foi superior a da área preparada pelo sistema convencional.

Palavras-chave: *Solanum tuberosum* spp. *tuberosum*; Resistência ao penetrômetro; Compactação do solo; Agregados de solo; Taxa de infiltração de água; Produção de biomassa

ABSTRACT

Effects of soil preparation systems and Efficient Microorganisms (EM) on soil physical properties, and improvement of potato yield and quality

The physical soil properties have a relevant role on the yield and quality of potato crop. Thus, the purpose of the present research was to evaluate the effects on some soil physical properties on productivity and quality of potato tubers. The trial was set up in a commercial potato production field located in the Chapada Diamantina, BA, from April to August, 2000. Two distinct soil preparation systems (conventional and MAFES system), either associated or not with application of EM, have been trialed. The following soil properties were evaluated: bulk density, aggregate stability, soil penetration resistance, soil water retention and water infiltration rate. In addition, were evaluated the changes of such soil properties in comparison with the area cultivated with the grass *Brachiaria brizantha*, prior soil preparation. Other evaluations were performed such as the clod mass and clump of roots harvested together with potato tubers, the level of damage to the tubers caused by mechanical harvesting, and the amount of tubers affected by potato tuber moth, rots, and common scab. The yields of the different treatments were evaluated and tubers graded according to commercial patterns. Compared to the grass, both conventional and MAFES soil preparation systems have changed the physical soil properties studied. MAFES system outperformed the conventional preparation giving lesser resistance to penetration at 20 to 45 cm deep and between hills. The water infiltration rate was similar for both soil preparation systems; however for the conventional system the infiltration pattern is superficial occurring laterally in the soil profile. Regarding MAFES systems, the infiltration occurred vertically. The area prepared MAFES system also gave a fewer percentage of tubers exhibiting mechanical damage, due to smaller clod mass and clump of roots harvested together with potato tubers. EM application did not benefit physical soil properties, however influenced a higher attack of potato tuber moth and common scab. Although the yield decrease in the area prepared with MAFES system when the EM was applied, in this area the productivity and tuber quality outperformed the conventional system.

Keywords: *Solanum tuberosum* spp. *tuberosum*; Penetrometer resistance; Soil compactation; Soil aggregates; Water infiltration rate; Biomass production

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Precipitação média mensal de Ibicoara (BA) entre os anos de 1964-2005.....	28
Figura 2 – Média mensal das temperaturas máximas e mínimas de Ibicoara (BA) entre os anos de 1988-2005.....	29
Figura 3 – Pontos horizontais amostrados no perfil do solo para determinação da resistência do solo a penetração.	34
Figura 4 – Resistência do solo à penetração nas profundidades de 0 à 65 cm em diferentes larguras do perfil. Larguras: 0 cm e 15 cm.....	42
Figura 5 – Resistência do solo à penetração nas profundidades de 0 à 65 cm em diferentes larguras do perfil. Larguras: 30 cm e 45 cm.....	43
Figura 6 – Resistência do solo à penetração nas profundidades de 0 à 65 cm em diferentes larguras do perfil. Larguras: 60 cm e 75 cm.....	44
Figura 7 – Resistência do solo à penetração nas profundidades de 0 à 65 cm em diferentes larguras do perfil. Larguras: 90 cm e 105 cm.....	45
Figura 8 – Resistência do solo à penetração nas profundidades de 0 à 65 cm em diferentes larguras do perfil. Larguras: 120 cm e 135 cm.....	46
Figura 9 – Resistência do solo à penetração nas profundidades de 0 à 65 cm em diferentes larguras do perfil. Larguras: 150 cm e 165 cm.....	47
Figura 10 – Resistência do solo à penetração nas profundidades de 0 à 65 cm em diferentes larguras do perfil. Largura: 180 cm.....	48
Figura 11 – Resistência do solo à penetração nas larguras de 0 à 180 cm em diferentes profundidades do perfil. Profundidades: 0 – 5 cm e 5 – 10 cm.....	54
Figura 12 – Resistência do solo à penetração nas larguras de 0 à 180 cm em diferentes profundidades do perfil. Profundidades: 10 – 15 cm e 15 – 20 cm.....	55
Figura 13 – Resistência do solo à penetração nas larguras de 0 à 180 cm em diferentes profundidades do perfil. Profundidades: 20 – 25 cm e 25 – 30 cm.....	56
Figura 14 – Resistência do solo à penetração nas larguras de 0 à 180 cm em diferentes profundidades do perfil. Profundidades: 30 – 35 cm e 35 – 40 cm.....	57

Figura 15 – Resistência do solo à penetração nas larguras de 0 à 180 cm em diferentes profundidades do perfil. Profundidades: 40 – 45 cm e 45 – 50 cm.....	58
Figura 16 – Resistência do solo à penetração nas larguras de 0 à 180 cm em diferentes profundidades do perfil. Profundidades: 50 – 55 cm e 55 – 60 cm.....	59
Figura 17 – Resistência do solo à penetração nas larguras de 0 à 180 cm em diferentes profundidades do perfil. Profundidade: 60 – 65 cm.....	60
Figura 18 – Curva de retenção de água no solo nas profundidades de 15 e 45 cm. Profundidades 15 cm e 45 cm.....	63
Figura 19 – Teor de água disponível nas profundidades de 15 cm e 45 cm.....	65
Figura 20 – Velocidade de infiltração de água no solo..	68
Figura 21 – Infiltração de água acumulada.	69
Figura 22 – Caminho percorrido pela água infiltrada (água + tinta látex) no solo preparado pelo sistema convencional e no solo preparado pelo sistema MAFES	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Influência de diferentes manejos de solo na densidade do solo na profundidade de 15 cm e na profundidade de 45 cm.....	38
Tabela 2 – Influência de diferentes manejos de solo no diâmetro médio ponderado dos agregados (DMP) na profundidade de 15 cm e na profundidade de 45 cm.	40
Tabela 3 – Teste de Tukey para a resistência do solo à penetração em diversas profundidades dentro de larguras dos perfis.....	49
Tabela 4 – Influência de diferentes manejos de solo na porosidade total, macroporos e microporos.	61
Tabela 5 – Porosidade total, macroporos e microporos nas profundidades de 15 cm e 45 cm.	62
Tabela 6 – Influência de diferentes manejos de solo na disponibilidade de água no solo nos diversos tratamentos.	66
Tabela 7 – Disponibilidade de água no solo nas profundidades de 15 cm e 45 cm.	66
Tabela 8 – Equação de Kostiakov ajustada a infiltração instantânea – i (cm) – de acordo com o tempo – t (min^{-1}) de um solo submetido a diferentes sistemas de preparo.....	67
Tabela 9 – Influência do tipo de preparo do solo e da aplicação de EM na massa de torrões colhidos juntamente com a batata.....	71
Tabela 10 – Influência da aplicação de EM e do tipo de preparo de solo na massa de touceiras colhidos juntamente com a batata.....	72
Tabela 11 – Influência da aplicação de EM e do tipo de preparo de solo na porcentagem de tubérculos que sofreram danos mecânicos no momento da colheita.....	72
Tabela 12 – Influência da aplicação de EM na massa de tubérculos oriundos do recate na área preparada através do sistema MAFES e na área preparada através do sistema Convencional.	73
Tabela 13 – Influência do tipo de preparo de solo na massa de tubérculos oriundos do recate na área onde se aplicou EM e na área onde não se aplicou EM.	74
Tabela 14 – Influência da aplicação de EM e do tipo de preparo de solo na porcentagem de tubérculos atacados por larva alfinete no momento da colheita.	74

Tabela 15 – Influência da aplicação de EM e do tipo de preparo de solo na porcentagem de tubérculos com podridão e na porcentagem de tubérculos atacados por sarna no momento da colheita.....	76
Tabela 16 – Influência da aplicação de EM na altura da plantas na área preparada através do sistema MAFES e na área preparada através do sistema Convencional.	78
Tabela 17 – Influência do tipo de preparo de solo na altura da plantas na área onde se aplicou EM e na área onde não se aplicou EM.	78
Tabela 18 – Influência da aplicação de EM na produção total de tubérculos na área preparada através do sistema MAFES e na área preparada através do sistema Convencional.	80
Tabela 19 – Influência do tipo de preparo de solo na produção total de tubérculos na área onde se aplicou EM e na área onde não se aplicou EM.	80
Tabela 20 – Influência da aplicação de EM e do tipo de preparo de solo na produção de tubérculos tipo especial.	81
Tabela 21 – Influência da aplicação de EM na produção de tubérculos de primeira e de segunda na área preparada através do sistema MAFES e na área preparada através do sistema Convencional.	81
Tabela 22 – Influência do tipo de preparo de solo na produção de tubérculos de primeira e de segunda na área onde se aplicou EM e na área onde não se aplicou EM.	82
Tabela 23 – Influência da aplicação de EM e do tipo de preparo de solo na produção de tubérculos tipo diversas.	83

1 INTRODUÇÃO

A batata (*Solanum tuberosum* L. ssp. *tuberosum*) faz parte da alimentação de muitos povos e é um dos alimentos nutricionalmente mais completos. No Brasil, é a hortaliça mais importante do ponto de vista econômico, com uma produção estimada em 2,79 milhões de toneladas e uma área de 131 mil hectares, em 2005 (FNP, 2006).

A cultura da batata, que tem como produto comercial o tubérculo que se desenvolve sob o solo, exige deste, propriedades físicas adequadas, notadamente de textura média, leve, arejado e bem drenadas. Assim, o preparo do solo deve criar condições físicas adequadas na zona de enraizamento, permitindo um bom crescimento e desenvolvimento do tubérculo.

Nesse cenário, o uso de máquinas e implementos agrícolas com alta eficiência no preparo do solo são importantes para viabilizar a produção da batata e manter a competitividade da atividade. Porém, por operarem em ambientes com condições adversas e assim mesmo manterem alta sua capacidade de trabalho, as máquinas agrícolas necessitam de componentes estruturais com alta resistência e por consequência, maiores e mais pesados.

O crescente aumento no uso de máquinas agrícolas e tecnologias comumente usadas em monoculturas aumentaram significativamente a degradação do solo, alterando suas características físicas, químicas e biológicas. O impacto causado nesse recurso natural pelo uso de sistemas convencionais de produção afeta a sustentabilidade agrícola, aumentando a degradação ambiental e diminuindo a produtividade das culturas. A compactação do solo agrícola em níveis excessivos constitui o principal efeito negativo do tráfego de máquinas.

Os efeitos adversos da compactação do solo no desenvolvimento das culturas podem ser atribuídos à diminuição da aeração e da capacidade de armazenamento de água no solo, à redução dos espaços vazios, à diminuição da permeabilidade devida à diminuição da quantidade dos macroporos e impedimento à penetração de raízes pelas camadas compactadas (ALLEONI; CAMARGO, 2006).

Nos últimos anos, alguns produtores vêm testando novas máquinas e formas de preparo do solo visando uma redução no impacto do cultivo convencional nas propriedades físicas do solo. A empresa MAFES Equipamentos Agrícolas Ltda. criou um sistema de cultivo alternativo de batata visando impactar o mínimo às propriedades físicas do solo. Como esse sistema incorpora uma grande quantidade de massa verde ao solo, o uso de Microrganismos Eficazes

(EM) (suspensão de microrganismos, cuja composição biológica não é conhecida comercialmente, e que apresenta mais de 10 gêneros e 80 espécies de microrganismos) parece ser interessante, já que a decomposição dessa matéria é importante para disponibilizar os nutrientes necessários à cultura, diminuindo assim a quantidade de adubos químicos, além de melhorar as qualidades físicas e biológicas do solo.

Visando encontrar um sistema de preparo que degrade menos o solo e com isso aumente a produtividade da batata, o presente trabalho teve como objetivo avaliar algumas propriedades físicas do solo em áreas preparadas pelo sistema convencional e pelo sistema alternativo MAFES, ambos associados ou não com a aplicação de Microrganismos Eficazes (EM). Além disso, o presente estudo teve como objetivo avaliar a produtividade e qualidade dos tubérculos colhidos nas áreas preparadas pelos diferentes sistemas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A Cultura da Batata

A batata (*Solanum tuberosum* L. ssp. *tuberosum*) é nativa da cordilheira dos Andes (América do Sul) e é a base de alimentação de muitos povos (FILGUEIRA, 2000). Foi introduzida na Europa por volta de 1570 através de colonizadores espanhóis, tornando-se importante alimento principalmente na Inglaterra. Por volta de 1620, foi levada da Europa para a América do Norte, onde tornou-se alimento popular (LOPES; BUSO, 1997). No Brasil, seu cultivo iniciou-se nos primórdios do século 20, onde inicialmente era cultivada em pequena escala, em hortas familiares, sendo chamada de “batatinha”, devido à exigência da sua presença nas refeições dos técnicos vindos da Inglaterra para a construção de ferrovias, ganhou o nome de “batata inglesa” (PEREIRA; LUZ; MOURA, 2005).

Hoje ela é caracterizada como um alimento popular, a quarta fonte de alimento mundial, sendo as primeiras fontes o trigo, o arroz e o milho. É cultivada em mais de 125 países e consumida por mais de 1 bilhão de pessoas (PEREIRA; LUZ; MOURA, 2005). No Brasil o consumo médio por habitante por ano atinge 15 kg, sendo considerado baixo quando comparado aos 70-80 kg por habitante por ano de países como Alemanha e Holanda (TAVARES; CASTRO; MELO, 2002).

A batata é um dos alimentos mais completos, fontes não só de carboidratos, mas também de proteína de alta qualidade, vitaminas e sais minerais, sendo que 100 g desse produto suprem cerca de 10 % das necessidades de um adulto em tiamina, niacinas, vitaminas B6, ácido fólico; 50 % da vitamina C e 10 % da demanda de proteínas (PEREIRA; LUZ; MOURA, 2005).

Entre as hortaliças cultivadas no Brasil, a batata é a mais importante sob o ponto de vista econômico, com uma produção estimada em 2,79 milhões de toneladas e ocupando uma área de 131 mil hectares, em 2005 (FNP, 2006).

A batateira é uma solanácea anual, apresenta caules aéreos, herbáceos e suas raízes originam-se nas bases desses caules ou hastes. O sistema radicular é delicado e superficial, com raízes concentrando-se até 50 cm de profundidade. Há mais dois tipos de caule, ambos

subterrâneos: os estolões – que se desenvolvem horizontalmente – e os tubérculos (FILGUEIRA, 2000).

As propriedades físicas do solo assumem grande importância nessa cultura. A batata se desenvolve bem em solos profundos, porosos, bem drenados, de pH levemente ácido, relativamente férteis ou quando de baixa fertilidade natural, bem adubados. Os solos de textura muito argilosa, compactos, mal estruturados e não agregados não são aconselháveis porque prejudicam a formação do tubérculo. Deve-se também evitar os solos de textura arenosa, normalmente de baixa fertilidade natural e baixa capacidade de armazenar água e nutrientes disponíveis às plantas (MIRANDA FILHO; GRANJA; MELO, 2003).

A rotação de culturas, especialmente com poáceas (gramíneas), é favorável à bataticultura, sob vários aspectos agronômicos, destacando-se o fitossanitário e o manejo agroecológico do solo. Pastagem é, seguramente, o tipo de utilização prévia da gleba que melhor favorece a cultura; também o cultivo de cereais, como o trigo e o arroz, desde que se promova a incorporação ao solo dos restos culturais. Constitui boa norma variedade tais plantas durante um mínimo de três a cinco anos, antes de voltar a praticar a bataticultura. Ressalta-se que os restos culturais devem ser picados e incorporados ao solo, com a necessária antecedência, evitando-se que venham a prejudicar o desenvolvimento dos tubérculos. Considere-se, também, que a rotação e outras práticas de manejo do solo podem prevenir o desmatamento de novas áreas, contribuindo para a preservação do ambiente (FILGUEIRA, 2003).

O cultivo de batata retorna somente uma pequena quantidade de C para o solo (ANGERS; CARTER, 1996), fazendo com que a quantidade de matéria orgânica no solo seja gradualmente esgotada, degradando dessa forma a estrutura do solo e reduzindo a atividade enzimática e C da biomassa microbiana (HAYNES; TREGURTHA, 1999).

Para superar a rápida depleção de C em solos cultivados com batata, é necessário que uma grande quantidade de material orgânico seja adicionado. Mac-Millan e Buchanan, 1988 apud Gagnon; Lalande e Fahmy (2001) sugerem que o decréscimo de 1 % no teor de matéria orgânica no solo requer a adição de 22,4 Mg/ha de matéria seca.

Práticas culturais associadas à produção de batata tentam evitar um excessivo preparo e compactação. Dessa forma, sistemas alternativos de preparo são necessários para produção de batata. Sistemas de preparos ideais são os que criam ótimas condições físicas no solo na zona de enraizamento, permitindo um bom crescimento e desenvolvimento do tubérculo. Esses sistemas

também devem reduzir o potencial de erosão do solo, causado pelo ar e pela água (PIERCE; BURPEE, 1995). Isso pode ser conseguido através da descompactação em profundidade do solo na linha (precisão ou zona de preparo) (SOJKA et al., 1993a,b) e manejo da entrelinha através de uma cultura de cobertura para proteger as plantas de batata, evitar a erosão (PIERCE; BURPEE, 1995) e aquecimento excessivo do solo.

2.2 Características físicas do solo

A mecanização agrícola é um componente básico na maioria das estratégias de desenvolvimento rural e no aumento da produtividade. No entanto, sua introdução desordenada, sem adaptação prévia aos diferentes tipos de solo, pode ocasionar uma rápida e contínua degradação desse recurso natural (SIQUEIRA, 1999).

Uma característica essencial de um solo produtivo é que ele seja capaz de manter uma dotação adequada de ar e água às raízes vegetais. A ênfase dada à estrutura do solo como fator de produção agrícola deve-se, em grande parte, ao fato de serem o ar e a água os ocupantes básicos dos espaços vazios. A sustentabilidade agrícola dos solos, prioritariamente, também está relacionada com a preservação do estado de aeração e hidratação dos sistemas radiculares (OTTONI FILHO, 2003).

O uso intensivo de máquinas e implementos na agricultura moderna pode modificar as propriedades do solo, em relação àquelas de seu estado natural. Têm sido detectadas camadas compactadas subsuperficiais causadas pelo tráfego de máquinas e implementos agrícolas, que provocam pressões na superfície do solo (MANTOVANI, 1987), afetando a sua densidade (MORAES; BENEZ, 1996), degradando a macroestrutura e reduzindo o grau de floculação da argila do solo (PRADO; CENTURION, 2001).

Os sistemas de preparo do solo em associação à biota do solo promovem modificações nas propriedades físicas como a agregação (CASTRO FILHO; MIZZILI; PODANOSCHI, 1998), a densidade e a porosidade do solo (De MARIA; CASTRO; DIAS, 1999). A macroporosidade é drasticamente reduzida com a compactação do solo (DIAS JÚNIOR; PIERCE, 1996). De forma geral, essas propriedades funcionam como indicadores de possíveis restrições ao crescimento radicular das culturas (TORMENA et al., 2002).

2.2.1 Retenção de água, densidade e porosidade do solo

A densidade do solo é uma característica física que sofre alterações com o manejo sendo um dos principais parâmetros utilizados para avaliar a compactação do solo. A densidade pode ser definida como sendo a massa de uma unidade de volume de solo seco e depende da natureza, das dimensões e da forma com que se acham dispostas as partículas do solo (KIEHL, 1979; BRADY, 1989).

A densidade do solo é a relação entre a massa do corpo poroso, o solo, e o seu volume (LIBARDI, 2005).

O solo é um reservatório de água para as plantas, e todas as práticas de manejo de água, em agricultura, visam à manutenção de seu nível de água em condições ideais para o desenvolvimento das culturas. Apesar de ser um reservatório aberto para a atmosfera e para os horizontes mais profundos do perfil, retém umidade pela interação com a matriz do solo (REICHARDT, 1988). Segundo Cassel e Nielsen (1986 apud CARVALHO; FIGUEIREDO; COSTA, 1999), a capacidade de retenção de água pelo solo está diretamente relacionada à sua matriz e à distribuição espacial dos poros.

A porosidade do solo é um índice que quantifica a fração do volume do solo ocupada pelos poros e é inversamente proporcional a densidade do solo, isto é, quanto maior a densidade, menor a porosidade (LIBARDI, 2005).

Os poros do solo são classificados em termos de diâmetro de poro em macroporos, mesoporos e microporos. A principal função dos macroporos é de aeração da matriz do solo e condução da água durante o processo de infiltração. Isso afeta, portanto, a aeração e a drenagem. Os mesoporos têm como função a condução da água durante o processo de redistribuição, quando após a infiltração se esvaziam os macroporos. Os microporos, também chamado de poros capilares, atuam no armazenamento da água. Nestes poros, a água se move, mas muito vagarosamente (KOOREVAAR et al. 1983 apud LIBARDI, 2005).

Há dois tipos principais de força que operam na matriz do solo para a retenção de água: as forças capilares (a retenção ocorre nos microporos) e as forças de adsorção (a retenção ocorre na superfície dos sólidos do solo), às quais, juntas, são chamadas de forças mátricas e que dão origem ao potencial mátrico (LIBARDI, 2005).

De acordo com Dourado Neto et al. (1990), o conhecimento da relação funcional entre umidade do solo e seu potencial matricial na zona radicular das culturas, conhecida pelo nome de curva de retenção da água, é fundamental na irrigação, visando um aproveitamento mais racional da água. Segundo Oliveira (1968) o limite de retenção de água no solo entre microporos e macroporos é uma tensão de 6 kPa.

O uso de áreas com agricultura intensiva, tem ocasionado variações nas relações água-ar do solo. Em solos com preparo intenso, devido ao tráfego contínuo de máquinas pesadas e ao uso de equipamentos de cultivo, há uma tendência para a formação de camadas compactadas de baixa permeabilidade (FLOCKER; TIMM; VOMOCIL, 1960), diminuindo o volume de poros e, conseqüentemente, aumentando a densidade, principalmente das camadas superficiais (THOMPSON, 1962).

Comparando o preparo convencional com o preparo usando o sistema de “tráfego zero”, onde todo o tráfego foi restringido para evitar que a roda passasse ao centro de 2,8 m, Young et al. (1993) cultivando sobre esses solos a batata ‘Maris Piper’, não observaram diferença significativa entre os tratamentos em relação à densidade do solo.

Estudos em algumas áreas mostram que a densidade do solo ($1,25-1,55 \text{ Mg/m}^3$) aumentou quadraticamente com o decréscimo do C orgânico do solo (variando entre 2-32 g/Kg) em 211 pedons (CALHOUN et al., 2001).

2.2.2 Resistência do solo à penetração

Vários autores têm mostrado a existência de relação entre a resistência do solo à penetração e outros parâmetros do solo. A resistência é maior com o aumento da densidade e com a diminuição da umidade do solo (BELTRAME; GONDIN; TAYLOR, 1981; CALLEBOURT et al., 1985). Em condições de campo, entretanto, não há uma relação simples entre umidade, densidade e resistência, e nem sempre essa relação é observada (MEDINA, 1985).

A resistência do solo à penetração é uma das propriedades físicas do solo diretamente relacionadas com o crescimento das plantas (LETEY, 1985) sendo modificada pelos sistemas de preparo do solo. A resistência do solo à penetração aumenta com a compactação do solo, sendo restritiva ao crescimento radicular acima de certos valores de potencial. De acordo com Grant e Lafond (1993), esses valores variam de 1,5 a 3,0 MPa, já segundo Arshad et al. (1996 apud

SOUZA; ALVES, 2003), a variação nesses valores é de 2,0 a 4,0 MPa. Extrema resistência do solo à penetração pode influenciar o crescimento das raízes em comprimento e em diâmetro (MEROTTO; MUNDSTOCK, 1999) e na direção preferencial do crescimento radicular (IIJIMA; KONO, 1991). Além disso, estudos recentes indicam que a resistência do solo à penetração das raízes tem efeitos diretos no crescimento da parte aérea das plantas (MASLE; PASSIOURA, 1987) e na partição de carboidratos entre a raiz e parte aérea (MASLE; FARQUHAR, 1988). Valores críticos de resistência à penetração dependem da espécie (BENGOUGH; MULLINS, 1990).

Na avaliação da resistência mecânica à penetração de raízes no solo, têm sido utilizados, na maioria das pesquisas, estudos de penetrometria por causa da facilidade e rapidez na obtenção dos resultados (BENGOUGH; MULLINS, 1990).

2.2.3 Infiltração de água no solo

Libardi (2005) define infiltração como a entrada de água no solo através de sua superfície, isto é, entrada de água no solo através da interface solo-atmosfera. Este autor também define a taxa de infiltração que é a quantidade de água que atravessa a unidade de área da superfície do solo por unidade de tempo.

A velocidade de infiltração nos solos diminui com o aumento do tempo de aplicação d'água. Inicialmente ela é relativamente alta e vai diminuindo gradativamente até um valor quase constante. Nesse ponto, em que a variação da velocidade de infiltração é muito pequena, praticamente constante, ela é chamada de velocidade de infiltração básica (VIB) (BERNARDO, 2002).

Segundo Skaggs; Miller e Brooks (1983), os fatores que afetam a infiltração são: propriedades do solo (textura, estrutura), declividade, conteúdo inicial de água, taxa de aplicação, selamento e encrustamento superficial. Já Lal (1978) relata que a taxa de infiltração de água no solo pode ser afetada pela vegetação, pela umidade antecedente ou pela estrutura, sendo esta taxa a característica que isoladamente reflete a boa qualidade estrutural do solo. Por sua vez, está relacionada a uma quantidade de espaço poroso (tamanho e distribuição dos poros) que, geralmente, é função do estado de agregação do solo e de sua textura, determinando maior infiltração e redução no escoamento superficial, com melhor controle da erosão hídrica

(MONEGAT, 1991). Inclusive, tanto a qualidade quanto à quantidade de resíduos componentes da cobertura morta, estão diretamente relacionados com a intensidade de infiltração da água no solo (WUTKE et al., 1998).

Wutke et al. (1998) avaliaram a VIB de solo cultivado com feijoeiro antecedido por pousio, milho, aveia-preta, crotalária juncea, guandu e mucuna preta e verificaram que os valores de VIB em relação ao pousio destacaram-se significativamente e, em ordem decrescente, sobre os tratamentos em que o feijoeiro foi antecedido pela mucuna-preta, crotalária juncea e milho. Isso está particularmente relacionado aos efeitos físicos positivos da incorporação de quantidade nitidamente superior de sua fitomassa, em relação às culturas da aveia-preta e guandu. Miyasaka et al. (1966) observaram que a incorporação de fitomassa semidecomposta contribuiu para o aumento da VIB e manutenção de maior umidade no solo cultivado com feijoeiro.

2.2.4 Estabilidade de agregados

A estabilidade de agregados é um indicador dos processos envolvidos na degradação do solo (TIPPKÖTTER, 1994), pois influencia a infiltração, retenção de água, aeração de raízes (SANTOS, 1993; SILVA, 1994), selamento e encrostamento superficial (DERPSCH et al., 1991), erosão hídrica e eólica (REICHERT; VEIGA; CABEDA, 1993; SUN; LANEY; BULLOCK, 1995); é também o parâmetro que melhor se correlaciona com a erodibilidade do solo (ÂNGULO, 1983; EGASHIRA; KAETSU; TAKUMA, 1983).

Com o cultivo, há redução nos teores de matéria orgânica e, conseqüentemente, na estabilidade dos agregados, resultando no aumento da proporção relativa de microagregados no solo, cuja estabilidade não é influenciada pelo manejo (TISDALL; OADES, 1982). Baver; Gardner e Gardner (1972) mencionam que a macroporosidade aumenta com a agregação do solo e com o tamanho dos agregados. A manutenção de agregados estáveis permite minimizar o salpicamento de partículas e é essencial no manejo do solo (MAZURAK; MOSHER, 1970). Portanto, o conhecimento da estabilidade de agregados é importante na definição dos indicadores da qualidade do solo (SÁ et al., 2002).

De acordo com Kemper (1965) a determinação da distribuição do tamanho dos agregados é também uma determinação da estabilidade de agregados, isso porque alguma força é necessária

para desintegrar a massa de solo em agregados. Os agregados intactos são aqueles em que as partículas primárias coerem forte o suficiente para serem estáveis contra a força aplicada.

A adoção de sistemas de manejo que mantenham a proteção do solo e o contínuo aporte de resíduos orgânicos é fundamental para a manutenção da agregação e estrutura do solo (LAL; GREENLAND, 1978). Os sistemas de adubação verde em sucessão à cultura principal, protegem o solo do impacto direto das gotas de chuvas na entressafra e evitam bruscas variações no grau de umidade do solo. O contínuo fornecimento de material orgânico serve como fonte de energia para a atividade microbiana, principalmente de bactérias produtoras de exopolissacarídeos nas suas cápsulas protetoras que causam a agregação dos microagregados gerando os macroagregados. Os subprodutos da decomposição constituídos de moléculas orgânicas em diversas fases de decomposição atuam também como agentes de estabilidade dos agregados (ALLISON, 1973). Além desses aspectos, destaca-se o efeito dos exudados das raízes sobre os microrganismos e a formação, manutenção e tamanho dos agregados do solo (MARCHENER, 1995; SILVA et al., 1998).

Gagnon, Lalande e Fahmy (2001) observaram num solo cultivado por três anos com batata “Russet Burbank”, que a proporção de agregados $> 250 \mu\text{m}$ foi significativamente aumentada tanto com a adição de polpa celulósica compostada como polpa crua, sendo que ambas aumentaram o teor de matéria orgânica no solo e quando menor quantidade de polpa foi adicionada foi observado um aumento na atividade e no crescimento microbiano no solo. Segundo Gagnon, Lalande e Fahmy (2001) a proporção de agregados maior que $250 \mu\text{m}$ é um indicador da estabilidade estrutural do solo e ressaltam que a adição da polpa ao solo melhorou enormemente as propriedades físicas de um solo argilo-arenoso cultivado com batata.

Conforme resultados obtidos por Roth et al. (1986); Roth; Castro Filho e Medeiros (1991), a dispersão de argila e a perda da estabilidade dos agregados podem ser minimizadas em longo prazo pelo aumento da atividade biológica, que por sua vez causa elevação na estabilidade dos agregados em virtude da produção dos exopolissacarídeos, que atuam como agentes de ligação entre as partículas.

Goss e Reid (1979); Reid e Goss (1980) encontraram um aumento na estabilidade de agregados de um solo arenoso após quatro semanas de cultivo com azevém (*Lolium perenne*). Tal efeito foi atribuído à liberação de substâncias orgânicas pelas raízes, que atuam na estabilidade de forma direta ou indireta através da atividade microbiana. Tisdall e Oades (1979) sugerem que o

aumento da estabilidade de agregados devido à ação das raízes de gramíneas se deve à liberação de polissacarídeos por hifas de micorrizas associadas.

A presença de substâncias coloidais derivadas do húmus e de outras fontes influi no conteúdo de água do solo e sobre a quantidade de ar e água que circulam no perfil do mesmo. A aglomeração das partículas de solos arenosos devido às substâncias coloidais favorece maior retenção de água por redução dos tamanhos dos poros; situação contrária ocorre com solo densos, devido ao excessivo conteúdo de argila. Nesses solos, o aumento da quantidade de húmus favorece a formação de agregados o que, de certa forma, facilita a aeração, o aumento da infiltração de água e a penetração das raízes (PRIMAVESI, 2002).

A microbiota do solo influencia a estabilização dos agregados através da adição de material orgânico ao solo. O aumento na estabilidade dos seus agregados ocorre devido à atividade microbiana e é afetado por fatores ambientais. A capacidade dos organismos em intervir na estabilização dos agregados é vista de modo generalizado, embora de algumas maneiras possam ser mais efetivas que outras. O envolvimento acontece de duas maneiras principais: a) alguns organismos podem ser capazes de manter reunidas mecanicamente às partículas de solo; b) outros podem produzir isoladamente agentes reais de ligação pela síntese ou pela decomposição de materiais orgânicos. Esses produtos podem permanecer em contato íntimo com as células ou tornar-se a parte inicial de um conjunto de matéria orgânica do solo sujeita à decomposição (LYNCH; BRAGG, 1985).

A vegetação exerce sobre a estrutura do solo um efeito direto e indireto, cuja importância está em função da sua perenidade e composição florística. O efeito mais marcante estaria numa pastagem permanente, onde a microbiota telúrica adquire características quase totalmente rizosférica e as condições de agregação se tornam ideais. A rizosfera de gramíneas é uma das mais ricas em microrganismos capsulados sintetizadores de goma, seu crescimento radicular, de tipo fibroso, favorece a redistribuição dos produtos formados no perfil do solo (ESTEY, 1976; RIZZO, 2000).

2.3 Microrganismos Eficazes (EM)

O produto EM teve sua origem no Japão, e é usada na agricultura natural desde 1983. Atualmente, é produzido e distribuído no Brasil pela Fundação Mokiti Okada. Trata-se de uma suspensão de microrganismos (meio líquido com pH controlado a 3,5), cuja composição biológica não é conhecida comercialmente, mas apresenta mais de 10 gêneros e 80 espécies de microrganismos, podendo chegar a 10^9 células por grama numa suspensão concentrada (HIGA, 1988).

Lee (1991) estudando o efeito de EM e material orgânico no crescimento e produtividade de culturas como couve chinesa, pimenta vermelha, alface, repolho e arroz na Coreia, conclui que o EM têm potencial para incrementar o crescimento e produtividade dessas oleráceas. Segundo esse mesmo autor, os EM podem ser particularmente efetivos quando aplicados ao longo do solo junto com material orgânico ou composto de EM fermentado. Isso é importante posto que muitos microrganismos da cultura do EM necessitam de um suprimento de matéria orgânica prontamente disponível para usar como fonte de carbono e energia, aumentando assim a taxa de mineralização de compostos orgânicos, o que torna os nutrientes mais disponíveis para a planta.

Um aumento no crescimento e produtividade do arroz também foi obtido por Lin (1991), que verificou a revitalização de um solo arado através da utilização de EM.

Higa (1988); Higa e Wididana (1989) verificaram que aplicações de EM no solo e folhagens aumentaram de forma significativa a produção e a qualidade de várias culturas hortícolas e de cereais no Japão.

Higa e Kinjo (1989) constataram aumento no teor de húmus em solo que recebeu material orgânico e foi inoculado com EM-4. Embora houvesse pequena diferença nas análises químicas dos solos, entre tratamentos, EM-4 aumentou o crescimento de plantas de pepino em relação aos solos que não receberam material orgânico, apenas fertilizantes minerais. Esse fato foi atribuído à utilização de exsudado da raiz da planta e à solubilização e mineralização de certos nutrientes do solo que se tornaram disponíveis às plantas.

Segundo Higa e Wididana (1989), as culturas de EM podem atuar: a) para induzir o solo a se tornar supressor de doenças, zimogênico e sintetizador; b) para acelerar o índice de mineralização da matéria orgânica introduzida no solo; c) para aumentar o número de bactérias fotossintéticas e bactérias fixadoras de nitrogênio no solo e superfície foliar, o que estaria

associado com o crescimento mais vigoroso de plantas, com o aumento da produção e com a melhoria da qualidade da cultura.

Tokeshi et al. (1993) analisando o efeito de EM e adubação verde em propriedades rurais no Brasil, concluíram que, muito provavelmente, o emprego de EM e adubação verde causam uma maior agregação do solo, eliminam a compactação, aumentam a porosidade, infiltração de água, água disponível e profundidade de enraizamento. Como consequência desses fatos, houve uma redução da erosão e da frequência de irrigação, tornando o solo supressivo a *Sclerotinia sclerotiorum*.

2.4 Sistema MAFES de plantio

As forças externas resultantes da ação de pressões sobre determinada área, como o trânsito de tratores e animais, são as maiores causadoras da compactação do solo (SOUSA et al. 1998). De acordo com Young et al. (1993) para tentar minimizar a compactação do solo, alguns tratamentos “tráfego zero” têm sido avaliados por diversos pesquisadores.

De acordo com Bishop e Grimes (1978), o conceito de preparo preciso, também conhecido como “tráfego zero” ou “preparo em zona” foi desenvolvido por pesquisadores da Califórnia, onde antes do plantio do algodão o solo era escarificado na linha de plantio a uma profundidade de 50 a 60 cm. Bishop e Grimes (1978) relatam que nesses trabalhos, a produtividade do algodão aumentou substancialmente com o uso do preparo preciso.

O trabalho de Bishop e Grimes (1978) foi o primeiro a testar o preparo preciso para a cultura da batata. Esses autores detectaram no preparo convencional uma zona compactada (resistência à penetração próxima de 20 bars) entre 20 e 50 cm de profundidade e no preparo preciso a resistência à penetração até 55 cm de profundidade foi menor que 6 bars, o que permitiu um melhor desenvolvimento do sistema radicular da batata. Esse sistema radicular mais extensivo pode absorver água e nutrientes de um maior volume de solo e de acordo com Bishop e Grimes (1978), isso proporcionou um aumento de 6 a 10 % na produção de tubérculos de batata.

O preparo preciso visa eliminar as rodas do trator de dentro dos sulcos, diminuindo a compactação e, potencialmente, aumentando o desenvolvimento da cultura. Isso tem sido conseguido pelo desenvolvimento de sistemas de canteiro mais amplos, ou experimentalmente como no trabalho de Young et al. (1993), pela modificação dos tratores convencionais através da

modificação de sua bitola para 2,8 m, permitindo dessa forma que o cultivador faça três linhas de batata, proporcionando condições de “tráfego zero” na linha do meio. O aumento da produtividade de cereais, batatas e grama, bem como o decréscimo na força de tração têm sido relatados por vários pesquisadores quando esse sistema de “tráfego zero” é usado (YOUNG et al., 1993).

O manejo da compactação em longo prazo requer a redução do tráfego, a restrição do tráfego para limitar as faixas de tráfego, e o uso de rotação e práticas culturais (como a incorporação de resíduos) que promovem a estabilidade de agregação do solo (SOJKA et al., 1993a). Para redução da compactação em um curto prazo é necessário se realizar a mobilização profunda do solo. De acordo com SOJKA et al. (1993a) a subsolagem em zona (também conhecida como subsolagem de precisão ou subsolagem na linha) é mais eficiente energeticamente e possui um melhor custo efetivo do que a mobilização total, e tem a vantagem adicional de manter firmes as linhas de tráfego para a reentrada no campo.

O sistema MAFES desenvolvido pela empresa MAFES Implementos Agrícolas Ltda. tem como proposta o preparo preciso do solo. A finalidade principal desse sistema é favorecer a melhoria da oxigenação do solo. No processo produtivo da cultura da batata é preconizado para: a) melhorar o cronograma de plantio; b) reduzir o pico de mão-de-obra no plantio e na colheita; c) melhorar a qualidade do plantio; d) manter altos níveis de produtividade; e) executar todas as operações com máquinas de mesma potência; f) aumentar a disponibilidade de água e a atividade microbiológica do solo.

Esse sistema de plantio tem início com uma trincha (Tribar) que pica de forma homogênea os restos culturais (para o sucesso desse sistema, escolheu-se as gramíneas como uma cultura de rotação). Após picar o material vegetal, utiliza-se o rotocanteirador (Roto), rotativa de alta rotação, atuando como um desagregador dos 10 cm da camada superficial, para descompactar e pré-incorporar os restos culturais. Depois, o turboencanteirador (Turbo), rotativa de baixa rotação, corta o solo a 35 cm de profundidade, e aplica o calcário (acopla-se a adubadora AC-5). Essa última operação é repetida para atingir os 45 cm de corte efetivo e aplicar o fósforo (acopla-se a adubadora AC-5). Dessa forma, incorpora-se o material orgânico da cultura anterior em maiores profundidades, sem compactar, auxiliando na não formação e por destruição dos torrões. Após a operação do Turbo realiza-se uma subsolagem em profundidade no centro do canteiro com o Dreno, que é um subsolador de uma haste, que rompe camadas compactadas a uma

profundidade de até 80 cm. Essa operação é necessária para romper a camada compactada deixada pelas rotativas. Por último, realiza-se o plantio com a plantadora (Ecoplan).

No sistema MAFES a amontoa é realizada logo após o surgimento dos brotos, evitando a quebra de raízes e folhas, o que reduz o estresse para a planta, comum nos sistemas convencionais. A amontoa, neste período, incorpora poucas folhas verdes no colo da planta e evita assim o fornecimento de matéria orgânica não decomposta que favorece à ocorrência de doenças no colo da planta. Para essa operação utiliza-se a Roto onde acopla-se a adubadora AC-5 para a realização da adubação de cobertura.

Esse sistema também visa solucionar o problema da colheita mecanizada, que normalmente não possui um bom desempenho devido aos torrões duros, que causavam danos mecânicos e machucavam os tubérculos, reduzindo assim seu preço na comercialização.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local de implantação do experimento

O trabalho foi realizado na Fazenda Bagisa localizado no distrito de Cascavel, município de Ibicoara - BA. A altitude do local é de 1100m a uma Latitude 13° 17' S e Longitude 41°24' W. Na região a precipitação média atinge 800 mm/ano e a distribuição mensal pode ser observada na Figura 1, a temperatura média máxima anual é de 21,15°C e a temperatura mínima anual é de 15,9°C. Na Figura 2 encontra-se a variação anual média máxima e mínima de acordo com os meses. Estas temperaturas estão próximas das temperaturas ideais para o cultivo da batata.

Nos anos anteriores a implantação do experimento, a área esteve cultivada com as seguintes culturas: repolho (1999), tomate (1999), repolho (2000) e pastagem (2001 a 2005).

Figura 1 – Precipitação média mensal de Ibicoara (BA) entre os anos de 1964-2005

Figura 2 – Média mensal das temperaturas máximas e mínimas de Ibicoara (BA) entre os anos de 1988-2005

3.2 Variedade

A variedade de batata utilizada foi a Vivaldi, que é uma variedade desenvolvida pela empresa holandesa HZPC Holland B.V., com sede na cidade de Joure. A variedade Vivaldi foi originada do cruzamento entre Monalisa e o clone TS 77-148; é uma variedade com dormência média, tuberização e maturação precoce, possui pele amarela clara e rendimento elevado, com tubérculos ovais bastante uniformes e de tamanho médio, olhos superficiais e polpa amarela (ANDREATTA, 2003).

Para separar as parcelas, foi utilizada a variedade Asterix que possui tubérculos de coloração avermelhada, permitindo, dessa forma, uma melhor distinção das parcelas no momento da colheita mecanizada.

3.3 Delineamento experimental

A área foi dividida em 4 faixas de 1,8 m x 40 m que constituíram os diferentes tratamentos (sistema MAFES de plantio, sistema MAFES de plantio associado com EM, sistema convencional e sistema convencional associado com EM). Cada faixa foi subdividida em 8 parcelas que representaram os blocos.

Os efeitos dos sistemas de preparo sobre as propriedades do solo avaliadas nesse trabalho e sobre a produtividade da batata foram verificados a partir da análise de variância, sendo a comparação de médias feita pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade.

3.4 Preparo do solo

3.4.1 Sistema convencional de plantio de batata

A área de plantio foi preparada com duas gradagens para reduzir o capim em pequenos pedaços e para incorporar o calcário. Após dois meses quando o capim já estava seco foram realizadas duas arações e duas subsolagens cruzadas.

3.4.2 Sistema MAFES de plantio de batata

Os equipamentos e operações, bem como os dias entre as operações adotadas para o preparo do solo no sistema MAFES foram: 1ª operação (Tribar) – a parte aérea da gramínea foi picada e triturada; 2ª operação (Roto – rotoencanteradeira), realizada 7 dias após a primeira operação, o sistema radicular das touceiras da gramínea foi picado e corretivos foram incorporados a 10 cm de profundidade; 3ª operação (Turbo – rotoencanteradeira de profundidade), realizada 21 dias após a segunda operação, foi feita uma subsologagem, aplicação de adubo e mobilização profunda do solo; 4ª operação (Dreno – subsolador de profundidade), realizada logo após a operação do Turbo, foram rompidas camadas de impedimento até 80 cm de profundidade no centro do canteiro.

3.5 Plantio

O plantio foi realizado no dia 12 de abril de 2005. O plantio no sistema convencional foi realizado utilizando-se a plantadeira-adubadeira da Watanabe Máquinas Agrícolas Indústria e Comércio Ltda de duas linhas (PAI - 380) que sulcam, adubam e plantam em uma única passada. O plantio do sistema MAFES foi realizado com a plantadeira da MAFES Implementos Agrícolas (Ecoplan) que também sulcam e plantam numa só operação.

3.6 Amontoa

A amontoa foi realizada no dia 9 de maio de 2005, 27 dias após o plantio. Nos dois sistemas de plantio essa operação foi realizada com o auxílio de uma enxada rotativa para entrelinhas (frezadora) da Watanabe Máquinas Agrícolas Indústria e Comércio Ltda (ER-380).

3.7 Correção e Fertilização da Área

Para a correção do solo foram utilizadas duas toneladas de calcário dolomítico, uma tonelada de calcário calcítico e uma tonelada de fosfato de Gafsa, realizadas 30 dias antes do início do preparo de solo na pastagem.

A adubação de plantio foi realizada na data de plantio com três toneladas de 4-14-8 mais micronutrientes. No momento da amontoa se realizou a adubação de cobertura utilizando-se 1,8 toneladas de super fosfato simples e 150 kg de cloreto de potássio, que foram incorporados com a frezadora utilizada para a amontoa.

3.8 Avaliação da estabilidade de agregados do solo

A coleta das amostras foi dividida em duas etapas. Na primeira etapa foram coletadas amostras antes do preparo de solo, com o solo ainda coberto com o pasto, na segunda etapa as amostras foram coletadas no momento da colheita. Nas duas etapas, as amostras de solo indeformadas (forma de bloco) foram coletadas nas profundidades de 10 a 20 cm e 40 a 50 cm.

No momento da coleta, o solo encontrava-se friável. No laboratório, a amostra úmida e friável foi passada na peneira de 8,00 mm, sendo utilizada para a análise a amostra retida na peneira de 4,76 mm. A análise de estabilidade de agregados foi determinada pelo método descrito por Kemper e Chepil (1965), que utiliza o aparelho de oscilação vertical. Foram colocados 25 g de cada amostra na peneira superior de um jogo de peneiras com aberturas de malhas de 4,76, 2,00, 1,00 e 0,21 mm. As amostras secas ao ar foram distribuídas uniformemente sobre a peneira superior de 4,76 mm. Imediatamente antes do peneiramento o nível da água foi elevado até cobrir as amostras no ponto em que as peneiras estavam em sua posição mais elevada, em um tempo inferior a 3 segundos. O peneiramento foi iniciado somente 10 minutos após o molhamento e as amostras foram peneiradas por 10 minutos. Após o peneiramento as peneiras foram retiradas da água, secas em estufa até massa constante e pesadas. As porções de areia de cada fração foram determinadas agitando-se a amostra em uma solução contendo um agente dispersante (NaOH 2 g/L), após a dispersão o material foi lavado, peneirado e seco em estufa.

O diâmetro médio ponderado (DMP) dos agregados foi calculado a partir da eq. (1) e o diâmetro médio geométrico (DMG) dos agregados foi calculado a partir da eq. (2).

$$DMP = \sum_{i=1}^n \bar{x}_i \cdot w_i \quad (1)$$

Em que:

DMP – diâmetro médio ponderado (mm);

$\bar{x}_i$ – diâmetro médio de cada classe de tamanho (mm) e

w_i – proporção de massa de cada classe em relação a massa total.

$$DMG = \exp \left[\frac{\sum_{i=1}^n w_i \cdot \log \bar{x}_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \right] \quad (2)$$

Em que:

DMG – diâmetro médio geométrico (mm);

$\bar{x}_i$ – diâmetro médio das classes (mm) e

w_i – massa dos agregados retidos em cada classe de tamanho (g).

3.9 Curva de retenção de água no solo e densidade do solo

Para as determinações das curvas de retenção de água no solo foram coletadas 8 amostras indeformadas por tratamento.

A extração das amostras foi feita com anéis volumétricos de bordas cortantes de aproximadamente 3 cm de altura e 4,7 cm de diâmetro (BLAKE, 1986; KLUTE, 1986). No dia anterior à coleta das amostras o solo foi umedecido para facilitar a introdução dos anéis.

No Laboratório de Solos do Departamento de Engenharia Rural da ESALQ/USP, as amostras foram devidamente preparadas e saturadas por um período de aproximadamente 10 dias. Para se obter a curva de retenção de água, foram utilizadas câmaras de pressão de Richards, onde as amostras foram submetidas às pressões de 10, 20, 40, 100, 300, 500, 1000, 5000 e 15000 kPa (RICHARDS, 1954a). Com esses pontos (θ , ψ_m) determinados, procedeu-se ao ajuste das curvas de retenção de água, de acordo com o modelo proposto por Van Genuchten (1980) utilizando-se o software Soil Water Retention Curve versão 3.0 (Dourado Neto, 2001). Esse ajuste foi efetuado pelo método que considera: $\theta_s = \theta_{\max}$, com $\psi_m = 0$ e, $\theta_r = \theta_{\min}$, com $\psi_m = -1.500$ kPa. A porosidade do solo foi determinada através da análise da curva de retenção de água. A obtenção da microporosidade foi considerada a partir do volume da água retido na tensão inferior 6 kPa, e consequentemente a macroporosidade foi obtida pela diferença entre o volume de água na amostra saturada menos o volume a 6 kPa.

A densidade aparente do solo foi obtida a partir da determinação da massa da amostra de solo indeformada contida no anel volumétrico utilizado na determinação da curva de retenção de água no solo (EMBRAPA, 1997).

3.10 Avaliação da resistência à penetração no solo

A avaliação do estado de compactação do solo nos diferentes tratamentos foi feita através do método da análise da resistência à penetração, segundo a técnica descrita em Stolf, Fernandes e Furlani Neto (1983). O equipamento utilizado foi o penetrômetro modelo IAA/ Planalsucar-Stolf, produzido pela KAMAQ (Araras-SP), dotado de um peso de cursor constante para provocar a penetração da haste no solo através de impactos. Com o auxílio do software “Impact

Penetrometer Stolf Model”, versão 2.0, os valores de resistência à penetração foram convertidos para kgf.cm^2 a cada 5 cm de profundidade.

A resistência à penetração do solo foi determinada em 13 pontos (15 em 15 cm) horizontalmente ao longo do perfil (Figura 3). Em cada um desses 13 pontos a resistência à penetração foi determinada de 0 a 65 cm de profundidade a partir da superfície do solo.

Figura 3 – Pontos horizontais amostrados no perfil do solo para determinação da resistência do solo à penetração

3.11 Avaliação da velocidade de infiltração de água no solo

A infiltração de água no solo foi realizada pelo método dos cilindros concêntricos segundo Richards (1954b). A área de cada tratamento foi dividida em 4 blocos e dentro de cada bloco foi escolhido aleatoriamente um ponto para a instalação dos aparelhos. As leituras de lâmina infiltrada foram realizadas nos tempos 5, 10, 15, 30, 45, 60, 90 e 120 min após o início do processo. Estas leituras foram interrompidas quando ocorreram três leituras constantes.

O ajustamento gráfico foi realizado pela equação de Kostiakov ($I = at^n$), segundo método recomendado por Libardi (2005), que é a equação que mais se adapta a dados experimentais da maioria dos solos. Sendo **I** a infiltração acumulada (mm), **t** o tempo acumulado e **a** e **n** duas constantes dependentes do tipo de solo. Aplicando logaritmo a ambos os termos da equação, obteve-se uma equação de reta: $\log I = \log a + n \log t$, ou seja, o gráfico de $\log I$ em função do

$\log t$ representa uma reta sendo n o coeficiente angular e $\log a$ o coeficiente linear. Com este artifício gráfico, obtém-se $I = f(t)$, equação muito útil, pois com ela pode-se calcular I para qualquer tempo t .

3.12 Colheita

A colheita dos tubérculos foi realizada a granel com uma colhedeira de duas linhas da Watanabe versão CWC-2L. Os tubérculos, colhidos em cada parcela, foram acondicionados em “Big Bags”, os quais foram encaminhados para o galpão de beneficiamento para avaliação de produtividade, massa de torrões colhidos com os tubérculos e número de tubérculos com danos.

3.13 Avaliação da produtividade

Os tubérculos foram classificados de acordo com parâmetros comerciais e assim foram divididos nas seguintes classes: especial (maiores que 42 mm de diâmetro), primeira (diâmetro entre 33 e 42 mm), segunda (diâmetro entre 23 e 33 mm) e diversas (tubérculos com danos e/ou má formação). Após a classificação foi determinada a massa fresca de cada classe dentro de cada parcela.

3.14 Avaliação da massa de torrões e touceiras na colheita mecanizada

Todos os torrões e touceiras colhidos juntamente com a batata foram separados e a sua massa foi quantificada dentro de cada parcela.

3.15 Avaliação de danos nos tubérculos

Após a classificação comercial dos tubérculos, os que se enquadraram na classificação diversas tiveram amostrado 150 tubérculos dentro de cada parcela para os todos tratamentos. Essa amostra foi avaliada em relação ao número de tubérculos com danos mecânicos, danos por pragas

e danos por doenças. Foram considerados danos por praga os causados pela larva de *Diabrotica speciosa* (Germar) (larva alfinete), os danos causados por doenças foram separados em: sarna (causada por *Streptomyces scabies*) e podridões em geral. Os valores obtidos foram convertidos em percentuais da produção total dentro de cada parcela e tratamento.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Devido à importância que as propriedades físicas do solo assumem na cultura da batata, nesse trabalho se buscou um sistema de preparo que criasse ótimas condições físicas no solo na zona de enraizamento, permitindo assim um bom crescimento e desenvolvimento do tubérculo. Dessa forma, algumas propriedades do solo foram avaliadas nas áreas preparadas pelo sistema convencional e pelo sistema alternativo, MAFES, sendo também avaliada a aplicação de EM, uma vez que esses microrganismos são conhecidos por melhorarem algumas características físicas do solo e aumentarem a produtividade de muitas culturas (HIGA, 1988; HIGA; WIDIANA, 1989; LEE, 1991; LIN, 1991).

A densidade do solo foi avaliada nos diferentes tratamentos e se observou que com o preparo do solo a densidade reduziu-se em relação à densidade do solo no pasto a uma profundidade de 15 cm. A 45 cm de profundidade a densidade não diferiu estatisticamente entre todos os sistemas de manejo e o pasto (Tabela 1). Mesmo estando sob rotação com uma gramínea (*Brachiaria brizantha* Stapf cv. Marandu) que possui um sistema radicular agressivo, a densidade do solo próximo à superfície na área com pastagem, foi superior em relação aos manejos utilizados para o preparo do solo. Isso ocorreu devido ao pisoteio do gado nessa área de pasto. De acordo com Cohron (1972), os bovinos exercem em média, uma pressão de 0,17 MPa por casco, podendo atingir uma penetração do solo da ordem de 12 cm. Sousa et al. (1998) trabalhando com a influência da pressão exercida por pisoteio de animais na compactação do solo calcularam os valores da massa, área do casco e pressão de animais no solo, mostrando que a pressão exercida pelo bovino foi 106,5 % maior que aquela exercida pelo trator.

A semelhança entre os diferentes tratamentos em relação à densidade de solo relatada nesse trabalho (Tabela 1), pode estar ligada à análise do solo em um único ano de cultivo. Assim, ainda não se consegue distinguir, na análise de densidade do solo, o efeito da melhor incorporação do material orgânico e menor tráfego de máquinas na área com preparo MAFES. Espera-se que esse sistema reduza os valores de densidade em relação ao preparo convencional.

Dickson; Campbell e Ritchie (1992) compararam o sistema de “tráfego zero” com o convencional para o cultivo de batata ‘Maris Piper’ em três anos consecutivos. Diferenças significativas na densidade foram observadas apenas no segundo período de cultivo e a 6 cm de profundidade do camalhão, sendo maiores valores de densidades encontrados no sistema de

tráfego convencional. No terceiro período de cultivo, a densidade do solo na linha central do camalhão foi significativamente maior no sistema convencional do que no sistema de tráfego zero, nas profundidades de 12 cm, 18 cm e entre 30 e 42 cm.

A influência de cultivos sucessivos na densidade do solo, também pode ser observada no trabalho de Sojka et al. (1993a), que relatam que a subsolagem em zona não afetou a densidade a 15 cm do topo do camalhão de um solo cultivado com batata ‘Russet Burbank’ nos dois períodos de cultivo estudados. A 30 cm de profundidade na área em que se realizou a subsolagem em zona a densidade foi reduzida nos dois anos de cultivo, já a 45 cm de profundidade a redução na densidade onde se realizou a subsolagem em zona só foi observada no segundo ano de cultivo.

Tabela 1 – Influência de diferentes manejos de solo na densidade do solo nas profundidades de 15 cm e de 45 cm

Profundidade (cm)	Tratamento	Densidade (g/cm ³)
15	Pasto	1,64 A
	Convencional com EM	1,36 AB
	Convencional sem EM	1,35 B
	MAFES com EM	1,27 B
	MAFES sem EM	1,23 B
45	Convencional com EM	1,61 A
	Convencional sem EM	1,57 A
	Pasto	1,50 A
	MAFES sem EM	1,48 A
	MAFES com EM	1,48 A

Nota: Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância pelo teste de Tukey a 5 %. Coeficiente de variação (%) = 8,02.

Na análise de estabilidade de agregados (Tabela 2), não foi observada diferença nos resultados em relação aos dois métodos utilizados (DMP e DMG) para expressar a agregação do solo. Pelos dois métodos não foi encontrada diferença estatística significativa a 5 % de probabilidade entre os tratamentos a 15 cm de profundidade, porém a 45 cm observa-se diferença estatística pelo teste de Tukey entre o preparo convencional na área onde se adicionou EM e a área sob pasto, tanto para os valores de DMP quanto para os de DMG. Schaller e Stockinger

(1965) apud Kemper e Chepil (1965) encontraram um coeficiente de correlação entre o DMP e o DMG de aproximadamente 0,9, e comentam que esses são um dos melhores métodos para apresentar os dados de distribuição de tamanho dos agregados.

A semelhança nos valores de DMP e DMG entre os diferentes preparos de solo (Tabela 2) deve-se provavelmente a mesma quantidade de material vegetal adicionada em ambos os preparos, uma vez que tanto no preparo convencional como no preparo MAFES foram incorporados os resíduos do pasto que se encontrava na área, servindo como cultura de rotação. Os resíduos das gramíneas promovem a melhoria do solo, por possuírem alto conteúdo de lignina, possibilitando aumento de ácidos carboxílicos e ácidos húmicos nos substratos, o que favorece a estruturação e a estabilidade dos agregados do solo (PRIMAVESI, 2002).

A pequena variação encontrada entre os valores de DMP, para os sistemas de manejo e profundidades avaliadas, pode estar relacionada a esse método de determinação da distribuição das classes de agregados. Silva e Mielniczuk (1998), não distinguem os agregados recém-formados daqueles que, além de formados, já sofreram um processo de estabilização. De acordo com Cruz et al. (2003), no sistema convencional a agregação pode ter sido provocada por ação de compressão das partículas do solo, sem, entretanto, ocorrerem os mecanismos que contribuem para sua estabilização.

É conhecido que os microrganismos favorecem a agregação do solo (MARCHENER, 1995; PRIMAVESI, 2002; SILVA et al., 1998; VALARINI et al., 2003), porém nesse trabalho não foi observado efeito da aplicação de EM nesse parâmetro. Isso pode ter ocorrido pela incorporação em profundidade do material vegetal. Segundo Primavesi (2002), para que ocorra a estabilização dos agregados é necessário que a matéria orgânica seja incorporada somente na superfície, no máximo até 8 cm de profundidade, permanecendo grande parte ainda fora da terra, por que os microrganismos que devem decompô-la são aeróbicos. Uma decomposição anaeróbica não beneficia os grumos e sua estabilidade.

A análise dos dados em um único período de cultivo também pode ter influenciado a diferença não significativa entre os preparos avaliados. A estabilização dos agregados após um período maior de tempo foi observada no trabalho de Edwards et al. (2000), onde a adição de composto (batatas, estrume e serragem) ao solo não afetou a estabilidade de agregados quando se analisou a média do período de 3 anos de um solo cultivado com batata. Todavia, no final do último ano, esses pesquisadores constataram um aumento de 7 % na estabilidade de agregados no

solo com composto e sugerem que esse resultado pode refletir um efeito cumulativo da adição de matéria orgânica.

Tabela 2 – Influência de diferentes manejos de solo no diâmetro médio ponderado (DMP) e diâmetro médio geométrico (DMG) dos agregados nas profundidades de 15 cm e de 45 cm

Profundidade (cm)	Tratamento	DMP		DMG	
		(1) Média transformada	Média original	(2) Média transformada	Média original
15	Convencional sem EM	1,64 A	1,76	1,33 A	0,77
	MAFES com EM	1,59 A	1,57	1,31 A	0,71
	MAFES sem EM	1,50 A	1,29	1,29 A	0,66
	Pasto	1,47 A	1,18	1,28 A	0,63
	Convencional com EM	1,41 A	1,02	1,27 A	0,61
45	Convencional com EM	1,65 A	1,73	1,33 A	0,78
	MAFES sem EM	1,55 AB	1,42	1,31 AB	0,72
	Convencional sem EM	1,53 AB	1,34	1,30 AB	0,69
	MAFES com EM	1,42 AB	1,02	1,28 AB	0,65
	Pasto	1,23 B	0,52	1,24 B	0,55

Nota: Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância pelo teste de Tukey a 5 %.

⁽¹⁾ Médias transformadas segundo $\gamma = \sqrt{X+1}$. Coeficiente de variação (%) = 12,58.

⁽²⁾ Médias transformadas segundo $\gamma = \sqrt{X+1}$. Coeficiente de variação (%) = 3,94.

Nos primeiros centímetros de profundidade do solo observa-se semelhança entre a resistência do solo à penetração entre os diferentes preparos do solo, porém em relação ao pasto (momento anterior ao preparo) verifica-se uma diminuição da resistência à penetração (Figuras 4 a 17), causada pela mobilização do solo pelos implementos. Essa diferença, entre a área sob pasto e os demais tratamentos nos primeiros centímetros de profundidade, pode ser observada na análise estatística mostrada na Tabela 3, onde para todas as larguras nas profundidades de 0-5 cm e de 5-10 cm pode se observar diferença estatística entre a área sob pasto e os demais tratamentos. A alta resistência presente na área com pasto deve-se à compactação natural causada

pelo pisoteio do gado, conforme já discutido para os dados de densidade do solo. Porém, em profundidade ocorre uma mudança no comportamento das curvas de resistência a penetração, sendo maior a resistência para os diferentes manejos de preparo do solo e menor na área de pasto, uma vez há uma redução da ação do pisoteio do gado, além da ação do sistema radicular da *B. brizantha*, que evita a compactação do solo (Figuras 4 a 17). Na Tabela 3, essa diferença fica evidenciada quando se observa as profundidades maiores que 40 cm (larguras de 0 a 60 cm e acima de 135 cm); nota-se que em profundidade os tratamentos onde o solo foi preparado passam a diferir do pasto, mas diferentemente do que acontece em superfície, os valores de resistência a penetração em profundidade são maiores no solo que foi preparado do que na área sob pasto.

A resistência do solo à penetração começa a diferir entre o sistema MAFES e o sistema convencional à medida que há uma aproximação do centro do camalhão, sendo encontrados menores valores no sistema MAFES do que no sistema convencional. Essa diferença fica evidenciada na Figuras 6b, 7 e 8a. Os menores valores encontrados para o preparo MAFES devem-se, supostamente, à menor ação dos rodados no centro do camalhão e também devido à subsolagem em profundidade na linha entre os camalhões, operação realizada com o implemento denominado Dreno. A diferença entre os sistemas de preparo MAFES e convencional pode ser verificada na comparação de médias realizada pelo teste de Tukey (Tabela 3), onde especialmente nas larguras de 90 a 120 cm e em profundidades maiores que 30 cm, o preparo MAFES passa a ter menores valores de resistência à penetração em relação ao sistema convencional, uma vez que o Dreno no preparo MAFES rompe as camadas compactadas em profundidade. Em profundidades menores que 30 cm, essa diferença não é encontrada ou é pouco evidente, visto que em ambos preparos, os implementos agem revolvendo o solo em superfície.

Figura 4 – Resistência do solo à penetração nas profundidades de 0 à 65 cm em diferentes larguras do perfil. Larguras: (a) 0 cm e (b) 15 cm. (♦) MAFES com EM, (■) Convencional com EM, (▲) Convencional sem EM, (×) MAFES sem EM, (○) Pasto

Figura 5 – Resistência do solo à penetração nas profundidades de 0 à 65 cm em diferentes larguras do perfil. Larguras: (a) 30 cm e (b) 45 cm. (◆) MAFES com EM, (■) Convencional com EM, (▲) Convencional sem EM, (×) MAFES sem EM, (○) Pasto

Figura 6 – Resistência do solo à penetração nas profundidades de 0 à 65 cm em diferentes larguras do perfil. Larguras: (a) 60 cm e (b) 75 cm. (♦) MAFES com EM, (■) Convencional com EM, (▲) Convencional sem EM, (×) MAFES sem EM, (○) Pasto

Figura 7 – Resistência do solo à penetração nas profundidades de 0 à 65 cm em diferentes larguras do perfil. Larguras: (a) 90 cm e (b) 105 cm. (♦) MAFES com EM, (■) Convencional com EM, (▲) Convencional sem EM, (×) MAFES sem EM, (○) Pasto

Figura 8 – Resistência do solo à penetração nas profundidades de 0 à 65 cm em diferentes larguras do perfil. Larguras: (a) 120 cm e (b) 135 cm. (♦) MAFES com EM, (■) Convencional com EM, (▲) Convencional sem EM, (×) MAFES sem EM, (○) Pasto

Figura 9 – Resistência do solo à penetração nas profundidades de 0 à 65 cm em diferentes larguras do perfil. Larguras: (a) 150 cm e (b) 165 cm. (♦) MAFES com EM, (■) Conventional com EM, (▲) Conventional sem EM, (×) MAFES sem EM, (○) Pasto

Figura 10 – Resistência do solo à penetração nas profundidades de 0 à 65 cm em diferentes larguras do perfil. Largura: 180 cm. (◆) MAFES com EM, (■) Convencional com EM, (▲) Convencional sem EM, (×) MAFES sem EM, (○) Pasto

Tabela 3 – Teste de Tukey para a resistência do solo à penetração em diversas profundidades dentro de larguras dos perfis

(Continua)

Tratamentos		0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	50-55	55-60	60-65
		Profundidade (cm)												
MAFES com EM	Largura 0	B	B	A	A	A	A	AB	AB	A	A	A	A	A
Convencional com EM		B	B	A	AB	A	A	A	AB	AB	AB	A	A	A
Convencional sem EM		B	B	A	AB	A	A	AB	B	B	AB	A	A	A
MAFES sem EM		B	B	A	B	A	A	B	B	B	B	A	A	A
Pasto		A	A	A	AB	A	A	AB	A	A	A	A	A	A
MAFES com EM	Largura 15	B	BC	B	AB	AB	AB	AB	AB	A	A	A	A	AB
Convencional com EM		B	B	A	A	A	A	A	A	A	AB	A	A	A
Convencional sem EM		B	BC	AB	A	AB	A	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB
MAFES sem EM		B	C	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Pasto		A	A	A	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB
MAFES com EM	Largura 30	B	B	C	B	C	C	B	A	A	AB	A	A	A
Convencional com EM		B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Convencional sem EM		B	B	BC	A	AB	A	AB	A	A	AB	AB	AB	AB
MAFES sem EM		B	B	C	B	BC	BC	B	A	A	AB	AB	AB	AB
Pasto		A	A	A	A	AB	AB	AB	A	A	B	B	B	B
MAFES com EM	Largura 45	B	B	C	C	B	C	BC	ABC	AB	A	A	A	A
Convencional com EM		B	B	BC	BC	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Convencional sem EM		B	B	B	AB	A	B	AB	AB	AB	A	AB	AB	AB
MAFES sem EM		B	B	C	C	B	C	C	C	AB	A	A	A	A
Pasto		A	A	A	A	A	B	AB	BC	B	A	B	B	B
MAFES com EM	Largura 60	B	B	B	B	B	B	A	A	B	A	A	A	AB
Convencional com EM		B	B	B	B	AB	A	A	A	A	AB	A	A	A
Convencional sem EM		B	B	B	B	AB	AB	A	A	B	AB	A	A	BC
MAFES sem EM		B	B	B	B	B	AB	A	A	B	B	A	A	BC
Pasto		A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	B	B	C

Tabela 3 – Teste de Tukey para a resistência do solo à penetração em diversas profundidades dentro de larguras dos perfis

(Continuação)

Tratamentos		0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	50-55	55-60	60-65
		Profundidade (cm)												
MAFES com EM	Largura 75	B	B	B	A	B	B	B	AB	A	A	A	A	A
Convencional com EM		B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	AB	AB	A
Convencional sem EM		B	B	B	A	AB	AB	A	AB	AB	B	BC	BC	AB
MAFES sem EM		B	B	B	A	AB	AB	AB	B	B	B	C	BC	B
Pasto		A	A	A	A	AB	AB	AB	AB	B	B	C	C	B
MAFES com EM	Largura 90	B	B	B	B	B	B	BC	BC	A	A	AB	AB	AB
Convencional com EM		B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Convencional sem EM		B	B	B	AB	B	B	AB	AB	AB	A	ABC	B	AB
MAFES sem EM		B	B	B	B	B	B	C	C	B	B	C	B	B
Pasto		A	A	A	AB	B	B	ABC	AB	A	A	BC	B	B
MAFES com EM	Largura 105	B	B	B	B	B	B	B	C	C	C	B	BC	AB
Convencional com EM		B	B	B	AB	AB	A	A	A	A	A	A	A	A
Convencional sem EM		B	B	B	AB	AB	A	A	AB	AB	AB	AB	AB	AB
MAFES sem EM		B	B	B	AB	AB	AB	AB	BC	C	C	B	C	B
Pasto		A	A	A	A	A	A	A	AB	BC	BC	B	C	B
MAFES com EM	Largura 120	B	B	B	B	C	B	C	C	C	C	C	C	C
Convencional com EM		B	B	B	B	AB	A	A	A	A	A	A	A	A
Convencional sem EM		B	B	B	AB	ABC	AB	AB	AB	AB	A	A	A	AB
MAFES sem EM		B	B	B	B	BC	AB	BC	BC	AB	AB	AB	AB	A
Pasto		A	A	A	A	A	A	AB	AB	BC	BC	BC	BC	BC
MAFES com EM	Largura 135	B	B	B	C	B	B	B	C	C	AB	AB	A	A
Convencional com EM		B	B	B	B	A	A	A	A	AB	A	A	A	A
Convencional sem EM		B	B	B	BC	A	A	A	A	A	A	A	A	A
MAFES sem EM		B	B	B	C	B	B	B	B	ABC	AB	A	A	A
Pasto		A	A	A	A	A	A	A	AB	BC	B	B	B	A

Tabela 3 – Teste de Tukey para a resistência do solo à penetração em diversas profundidades dentro de larguras dos perfis

(Conclusão)

Tratamentos		0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	50-55	55-60	60-65
		Profundidade (cm)												
MAFES com EM Convencional com EM Convencional sem EM MAFES sem EM Pasto	Largura 150	B	B	C	B	C	B	B	B	A	AB	A	A	A
		B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
		B	B	C	B	BC	A	A	A	A	AB	A	AB	A
		B	B	C	B	C	B	B	A	A	AB	A	AB	A
		A	A	A	A	AB	A	A	A	A	B	B	B	A
MAFES com EM Convencional com EM Convencional sem EM MAFES sem EM Pasto	Largura 165	B	B	B	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
		B	B	AB	A	A	A	A	A	A	A	A	AB	A
		B	B	B	BC	A	A	A	A	A	A	A	AB	A
		B	B	B	ABC	A	A	A	A	A	A	A	AB	A
		A	A	A	AB	A	A	A	A	A	A	A	B	A
MAFES com EM Convencional com EM Convencional sem EM MAFES sem EM Pasto	Largura 180	B	B	A	A	A	AB	A	A	A	A	A	A	A
		B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	AB	A
		B	B	A	A	A	AB	A	A	A	A	A	AB	A
		B	B	A	A	A	B	A	A	A	A	A	AB	A
		A	A	A	A	A	AB	A	A	A	A	A	B	A

Notas: Dentro de cada profundidade e largura, médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância pelo teste de Tukey a 5 %.

Grandeza dos valores de resistência à penetração de acordo com as letras: A > B > C.

Médias transformadas segundo $Y = \sqrt{X+1}$.

Nas Figuras 11 e 12 (0 a 20 cm de profundidade) se observa que próximo à superfície do solo a resistência à penetração foi a mesma para todos os preparos do solo, exceto o pasto. Nas Figuras 13 e 14 nota-se uma menor resistência à penetração no preparo MAFES em relação ao preparo convencional. Essa diferença ocorreu, provavelmente, devido ao tráfego dirigido nesse sistema. O uso do turbo encanteirador no preparo MAFES mobiliza o solo a uma profundidade de até 45 cm como ocorre no sistema convencional com o uso do arado, porém por utilizar o tráfego dirigido, o preparo MAFES minimiza o trânsito das máquinas sobre a área preparada, evitando uma compactação do solo nessa área. Dessa forma, reduz a resistência à penetração em profundidades (20 a 45 cm). A partir dos 45 cm de profundidade não se observa diferença entre os tratamentos de preparo do solo em relação a resistência à penetração (Figuras 15, 16 e 17).

Nota-se também, nas Figuras 11 a 17, que à medida que se aumenta a profundidade de coleta dos dados, os valores de resistência à penetração dos diferentes preparos tende a se aproximar dos valores encontrados para a área com pasto. Por sua vez, pode-se observar nas Figuras 4 a 11 que as camadas superficiais nas áreas de pastagem apresentam uma maior resistência à penetração. Isso ocorreu provavelmente devido ao pisoteio dos animais. Essa resistência vai reduzindo à medida que se aumenta a profundidade, ao que parece porque o sistema radicular da *Brachiaria brizantha* Stapf cv. Marandu é agressiva e assim age diminuindo a resistência à penetração. Bishop e Grimes (1978) observaram que resistência à penetração do solo superior a 1MPa¹ reduziu severamente o desenvolvimento das raízes de batata em um solo argilo-arenoso na Califórnia. Ibrahim e Miller (1989), relatam que o desenvolvimento do sistema radicular pode ser reduzido se a resistência à penetração for superior a 2 a 3 MPa.

Os valores de resistência à penetração no centro do camalhão do solo preparado pelo sistema convencional foram próximos a 2 MPa em menores profundidades que o solo preparado pelo sistema convencional. Isso pode ser verificado nas Figuras 13 a 17, que mostram valores de aproximadamente 2 MPa, no centro do camalhão do solo preparado pelo sistema convencional a partir da profundidade de 20-25cm (Figura 13a). Para o solo preparado pelo sistema MAFES valores próximos a 2 MPa no centro do camalhão são observados somente a partir da profundidade de 35-40cm (Figura 14b). Diferenças nos valores de resistência a penetração entre sistemas de preparo do solo também foram verificadas por Dickson; Campbell e Ritchie (1992), que estudando a resistência do solo à penetração na linha central do camalhão, encontraram

¹ 1MPa equivale a aproximadamente 10,2 kgf/cm²

maiores valores no sistema de tráfego convencional do que no sistema de tráfego zero, porém dentro do camalhão as diferenças entre os dois sistemas foram em geral pequenas e nem sempre significativas. Abaixo do camalhão, a resistência à penetração para o sistema de tráfego convencional foi significativamente muito maior do que para o sistema de tráfego zero para todos os três períodos de cultivo. Resultados semelhantes foram relatados por Young et al. (1993), que observaram que no subsolo do sulco, a resistência à penetração foi mais alta no tratamento convencional do que no tráfego zero. De acordo com esses autores, isso ocorreu devido ao menor conteúdo de umidade no solo preparado pelo sistema convencional.

Essa relação entre umidade do solo e resistência à penetração foi observada no trabalho de Edwards et al. (2000). Esses pesquisadores compararam três tipos de manejo para o cultivo de batata “Russet Burbank” em relação a algumas propriedades físicas do solo durante 3 anos, sendo feita anualmente a aplicação de composto ou cobertura com palha de cevada. O solo onde se adicionou composto (batatas, estrume e serragem) teve um aumento na umidade de 7 % em relação ao solo controle (manejo convencional). O composto não teve efeito na resistência a penetração e nem na força de cisalhamento na zona de enraizamento (0-15 cm), porém de 15-30 cm a adição do composto diminuiu a resistência à penetração em 20 % em relação ao controle. A trituração do material vegetal durante o preparo de solo MAFES, provavelmente acelerou a decomposição do material vegetal nesse solo, contribuindo para uma elevação da umidade no mesmo, o que pode ter contribuído para a menor resistência à penetração observada nessa área.

Figura 11 – Resistência do solo à penetração nas larguras de 0 à 180 cm em diferentes profundidades do perfil. Profundidades: (a) 0 – 5 cm e (b) 5 – 10 cm. (♦) MAFES com EM, (■) Convencional com EM, (▲) Convencional sem EM, (×) MAFES sem EM, (○) Pasto

Figura 12 – Resistência do solo à penetração nas larguras de 0 à 180 cm em diferentes profundidades do perfil. Profundidades: (a) 10 – 15 cm e (b) 15 – 20 cm. (♦) MAFES com EM, (■) Convencional com EM, (▲) Convencional sem EM, (×) MAFES sem EM, (○) Pasto

Figura 13 – Resistência do solo à penetração nas larguras de 0 à 180 cm em diferentes profundidades do perfil. Profundidades: (a) 20 – 25 cm e (b) 25 – 30 cm. (♦) MAFES com EM, (■) Convencional com EM, (▲) Convencional sem EM, (×) MAFES sem EM, (○) Pasto

Figura 14 – Resistência do solo à penetração nas larguras de 0 à 180 cm em diferentes profundidades do perfil. Profundidades: (a) 30 – 35 cm e (b) 35 – 40 cm. (♦) MAFES com EM, (■) Convencional com EM, (▲) Convencional sem EM, (×) MAFES sem EM, (○) Pasto

Figura 15 – Resistência do solo à penetração nas larguras de 0 à 180 cm em diferentes profundidades do perfil. Profundidades: (a) 40 – 45 cm e (b) 45 – 50 cm. (♦) MAFES com EM, (■) Convencional com EM, (▲) Convencional sem EM, (×) MAFES sem EM, (○) Pasto

Figura 16 – Resistência do solo à penetração nas larguras de 0 à 180 cm em diferentes profundidades do perfil. Profundidades: (a) 50 – 55 cm e (b) 55 – 60 cm. (♦) MAFES com EM, (■) Convencional com EM, (▲) Convencional sem EM, (×) MAFES sem EM, (○) Pasto

Figura 17 – Resistência do solo à penetração nas larguras de 0 à 180 cm em diferentes profundidades do perfil. Profundidade: 60 – 65 cm. (♦) MAFES com EM, (■) Convencional com EM, (▲) Convencional sem EM, (×) MAFES sem EM, (○) Pasto

Os preparos de solos não se diferenciaram estaticamente com relação à quantidade de macroporos e microporos. Mas, os dados demonstram uma maior quantidade de macroporos e microporos no sistema MAFES, seguido pelo pasto e pelo preparo convencional. Essa diferença se torna evidente quando se analisa a quantidade de poros totais, onde se observa uma diferença estatística a 5 % entre o preparo MAFES onde não se aplicou o EM e os preparos convencionais (Tabela 4).

Tabela 4 – Influência de diferentes manejos de solo na porosidade total, macroporos e microporos

Tratamentos	Total	Macroporos		Microporos	
	(1) Médias	Médias	(2) Médias	Médias	(3) Médias
		Originais	Transformadas	Originais	Transformadas
MAFES sem EM	0,415 A	0,040	1,020 A	0,248	1,107 A
MAFES com EM	0,375 AB	0,039	1,019 A	0,222	1,106 A
Pasto	0,370 AB	0,035	1,017 A	0,178	1,085 A
Convencional com EM	0,320 B	0,030	1,014 A	0,166	1,080 A
Convencional sem EM	0,309 B	0,021	1,011 A	0,142	1,069 A

Nota: Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância pelo teste de Tukey a 5 %.

⁽¹⁾ Coeficiente de variação (%) = 16,794.

⁽²⁾ Médias transformadas segundo $Y = \sqrt{X+1}$. Coeficiente de variação (%) = 1,006.

⁽³⁾ Médias transformadas segundo $Y = \sqrt{X+1}$. Coeficiente de variação (%) = 2,813.

A Tabela 5 evidencia maior quantidade de poros na superfície. Essa maior quantidade de poros a 15 cm de profundidade, provavelmente se deve a uma maior quantidade de microporos nessa profundidade, uma vez que a quantidade de macroporos não se diferenciou estaticamente entre as profundidades estudadas. Esse fato se deve, provavelmente, ao resultado imediato dos trabalhos de preparo de solo nesta camada mais superficial, causando um “afrouxamento” do solo na superfície e, conseqüentemente aumentando a quantidade de poros nessa profundidade. Essa maior quantidade de poros na superfície também tem a influência da pastagem, que possui um sistema radicular agressivo, propiciando a formação dos poros. Outro ponto importante, que pode justificar essa diferença de porosidade entre a profundidade de 15 cm e a profundidade de 45 cm, é o adensamento natural do solo em maiores profundidades, ocasionado pelo menor conteúdo de material orgânico, menor agregação, menor quantidade de raízes e outros organismos, e compactação causada pelo peso das camadas superiores do solo (BRADY; WEIL, 2002). Além disso, o maior adensamento do solo a 45 cm pode ter sido ocasionado pela ação das máquinas.

Tabela 5 – Porosidade total, macroporos e microporos nas profundidades de 15 cm e 45 cm

Profundidade	Total		Macroporos		Microporos	
	(1) Médias		Médias	(2) Médias	Médias	(3) Médias
			Originais	Transformadas	Originais	Transformadas
15	0,403 A		0,039	1,019 A	0,222	1,105 A
45	0,312 B		0,027	1,013 A	0,151	1,073 B

Nota: Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância pelo teste de Tukey a 5 %.

⁽¹⁾ Coeficiente de variação (%) = 16,794.

⁽²⁾ Médias transformadas segundo $Y = \sqrt{X+1}$. Coeficiente de variação (%) = 1,006.

⁽³⁾ Médias transformadas segundo $Y = \sqrt{X+1}$. Coeficiente de variação (%) = 2,813.

A porosidade é um dos fatores mais relevantes para a retenção de água no solo. Apesar de não ter sido detectada diferença estatística significativa em relação à quantidade de microporos e macroporos entre os preparos (Tabela 4), as curvas de retenção de água no solo (Figuras 17 e 18) mostram que o preparo do solo através do sistema MAFES aumentou a oxigenação do solo em relação ao sistema convencional nas duas profundidades analisadas. Isso pode ser evidenciado pela maior retenção de água no sistema MAFES nas tensões menores. Segundo Oliveira (1968), o limite de retenção de água no solo entre microporos e macroporos é uma tensão de 6 kPa.

Na profundidade de 45 cm (Figura 18) a diferença entre os sistemas de preparo de solo (MAFES e convencional) e o pasto, cuja área não sofreu a ação do manejo, é elevada, demonstrando que em maiores profundidades há uma compactação do solo causada possivelmente pela ação das máquinas. Como discutido anteriormente, no sistema MAFES a 45 cm de profundidade, a retenção de água em baixas tensões foi maior do que no sistema convencional, o que indica menor adensamento do solo nesse sistema, permitindo que maior quantidade de água e ar fique disponível para a planta.

A comparação das curvas de retenção de água entre os sistemas de preparos de solo e o pasto é importante, pois evidencia a mudança na porosidade de solo causada por esses sistemas de preparo. O capim braquiária, utilizado para a formação do pasto, promove com sua rede de raízes fasciculadas uma porosidade ideal para a retenção de água, em todas as tensões (RIZZO, 2000). Assim, alterações nas curvas de retenção de água devido ao preparo devem ser analisadas cuidadosamente, uma vez que mostram modificações nessa condição ideal de porosidade, o que pode interferir no bom desenvolvimento da cultura subsequente ao pasto.

Figura 18 – Curva de retenção de água no solo nas profundidades de 15 e 45 cm. Profundidades (a) 15 cm e (b) 45 cm. (♦) MAFES com EM, (■) Convencional com EM, (▲) Convencional sem EM, (×) MAFES sem EM, (o) Pasto

Na Figura 19 são apresentados os valores do teor de água disponível, isto é, o teor de água contida entre 1500 kPa e 10 kPa, que segundo Reichardt (1985) é um dado controverso em função da imprecisão desta avaliação em relação principalmente aos aspectos fisiológicos da plantas, além das variáveis dos solo. De acordo com Cassel e Nielsen (1986 apud OTTONI FILHO, 2003) a crítica que se faz a esse conceito é que não se leva em conta a distribuição do sistema radicular, e que é possível a tensão de água na base das raízes estar bem abaixo de 1500 kPa (até próxima a tensão na capacidade de campo) e, ainda assim, a planta apresentar severo estresse hídrico. Além disso, o conceito de água disponível é puramente volumétrico, não se considerando a distribuição da condutividade hidráulica não saturada no perfil (OTTONI FILHO, 2003).

Apesar das críticas existentes em torno do conceito de água disponível, pode-se através desses valores se explicitar diferenças e semelhanças entre os diferentes tratamentos em termos de disponibilidade hídrica. Assim, na Figura 19 percebe-se um maior conteúdo de água disponível na profundidade de 15 cm, não aparecendo diferença estatisticamente significativa a 5 % de probabilidade entre os manejos. Porém, quando se observa os dados nota-se maiores valores de água disponível nos manejos onde a material orgânico encontrava-se em maior grau de decomposição – MAFES com e sem EM, preparos no qual o material vegetal foi triturado durante a incorporação no solo, o que facilita sua decomposição (BRADY; WEIL, 2002) e convencional com EM, na profundidade de 15 cm, onde o material vegetal deve estar mais decomposto devido a ação dos microrganismos. De acordo com Kiehl (2002) à medida que a matéria orgânica se humifica, micelas coloidais se formam, elevando a capacidade de retenção de água.

Pode-se também relacionar esses maiores valores de água disponível (Figura 19 e Tabelas 20 e 21) nos tratamentos onde o material orgânico mostrava maior grau de decomposição, com a maior porosidade encontrada para esses preparos do solo (Tabela 4). O conteúdo de matéria orgânica tem forte influência na porosidade do solo. Segundo Brady e Weil (2002), a redução do espaço poroso total está normalmente associada com o decréscimo no conteúdo de matéria orgânica e uma conseqüente perda de granulação.

Figura 19 – Teor de água disponível nas profundidades de 15 cm (■) e 45 cm (■)

Na Tabela 6 encontram-se os valores de quantidade de água disponível no solo para os diferentes tratamentos. A quantidade de água disponível não diferiu estatisticamente a 5 % de probabilidade entre os tratamentos analisados. Porém, pode-se observar uma maior capacidade de retenção de água no preparo MAFES com e sem EM, seguido pela pastagem e preparo convencional com e sem EM. Essa maior capacidade de água disponível no sistema MAFES está relacionada diretamente com a quantidade de poros existente, principalmente os microporos, como pode ser observado na Tabela 4.

Tabela 6 – Influência de diferentes manejos de solo na disponibilidade de água no solo nos diversos tratamentos

Tratamentos	Disponibilidade de água no solo (cm ³ /cm ³)	
	Médias Originais	Médias Transformadas
MAFES sem EM	0,156	1,075 A
MAFES com EM	0,155	1,075 A
Pasto	0,123	1,060 A
Convencional com EM	0,120	1,058 A
Convencional sem EM	0,096	1,047 A

Nota: Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância pelo teste de Tukey a 5 %. Médias transformadas segundo $Y = \sqrt{X+1}$. Coeficiente de variação (%) = 1,821.

Com relação à disponibilidade de água nas profundidades de 15 e 45 cm de profundidade entre as tensões de 10 a 1500 kPa (Tabela 7), pode-se observar que na superfície do solo há uma maior quantidade de água disponível. Isso ocorre pelo mesmo motivo supracitado, ou seja, há uma maior quantidade de poros, principalmente microporos (Tabela 5), o que propicia essa maior disponibilidade de água na profundidade de 15 cm.

Tabela 7 – Disponibilidade de água no solo nas profundidades de 15 cm e 45 cm

Profundidades	Disponibilidade de água no solo (cm ³ /cm ³)	
	Médias Originais	Médias Transformadas
15	0,153	1,074 A
45	0,107	1,052 B

Nota: Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância pelo teste de Tukey a 5 %. Médias transformadas segundo $Y = \sqrt{X+1}$. Coeficiente de variação (%) = 1,821.

A Tabela 8 mostra as equações ajustadas para cada sistema de preparo com aplicação ou não de EM, bem como o coeficiente de determinação (R^2) do ajuste. Estes coeficientes foram elevados, mostrando que houve um bom ajuste entre os dados observados e estimados.

Tabela 8 – Equação de Kostiakov ajustada a infiltração instantânea – i (cm) – de acordo com o tempo – t (min^{-1}) de um solo submetido a diferentes sistemas de preparo

Tratamentos	Kostiakov	R^2
MAFES com EM	$i = 7,675t^{0,6797}$	0,9987
MAFES sem EM	$i = 7,949t^{0,6668}$	0,9991
Convencional com EM	$i = 8,0756t^{0,692}$	0,9998
Convencional sem EM	$i = 7,4315t^{0,6373}$	0,9993
Pasto	$i = 0,4321t^{0,5706}$	0,9895

Na Figura 20 vê-se uma pequena diferença na taxa de infiltração inicial entre os sistemas de preparo (2646 mm/h para o sistema MAFES com aplicação de EM, 2895 mm/h para o sistema MAFES sem aplicação de EM, 2973 mm/h para o sistema convencional com EM, 2427 mm/h para o sistema convencional sem EM), mas uma grande diferença na velocidade de infiltração de água nas áreas onde houve o preparo em relação à área de pasto (144 mm/h). Quando um solo começa a ser cultivado sua estrutura natural é alterada. Assim, no presente trabalho, pode se constatar que em relação ao solo com pasto os solos preparados tiveram alterado principalmente sua densidade e resistência à penetração em superfície e porosidade, sendo essas propriedades do solo que influem na infiltração de água no solo (SKAGGS; MILLER; BROOKS, 1983).

A baixa taxa de infiltração de água no pasto se deve ao pisoteio dos animais, que compactam o solo nas camadas superficiais, impedindo assim a infiltração. Pode-se observar na Figura 20 e 21 que a taxa é reduzida desde o início, o que indica que há uma camada que reduz a taxa de infiltração logo na superfície do solo.

Souza e Alves (2003) encontram maiores valores de taxa constante de infiltração de água na área de cerrado e na área de cultivo mínimo, sendo que os mesmos não diferiram estatisticamente pelo teste de Tukey, já os sistemas plantio direto e convencional apresentaram valores intermediários e não diferiram estatisticamente. O menor valor observado para a taxa constante de infiltração correspondeu ao sistema da seringueira e pastagem, diferindo estatisticamente dos demais sistemas de manejo. Segundo Souza e Alves (2003) isso ocorreu provavelmente devido ao processo de compactação.

Na Figura 21 observa-se uma maior infiltração acumulada na área preparada pelo sistema convencional e quando se aplicou EM, seguida pela área preparada pelo sistema MAFES sendo

que a aplicação de EM não teve efeito para esse sistema de preparo do solo. Isso indica que, nesses preparos é maior a quantidade de água infiltrada no mesmo intervalo de tempo em relação ao sistema convencional sem EM e principalmente em relação ao pasto. Assim, este fato pode significar menor escoamento superficial e menor erosão (ELTZ; PEIXOTO; JASTER, 1989) na área preparada pelo sistema convencional e quando aplicou-se EM e na área preparada pelo sistema MAFES.

Figura 20 – Velocidade de infiltração de água no solo. (♦) MAFES com EM, (■) Convencional com EM, (▲) Convencional sem EM, (×) MAFES sem EM, (○) Pasto

Figura 21 – Infiltração de água acumulada. (◆) MAFES com EM, (■) Convencional com EM, (▲) Convencional sem EM, (×) MAFES sem EM, (○) Pasto

Apesar da semelhança na infiltração de água entre as áreas preparadas pelo sistema MAFES e convencional (Figuras 20 e 21), verifica-se pela Figura 22 que no sistema MAFES a infiltração se dá em profundidade, pois a utilização do subsolador (Dreno) elimina os impedimentos físicos, rompendo as camadas compactadas. Já no sistema convencional a infiltração só ocorre até a profundidade anterior à barreira física, após isso a infiltração se torna lateral. Percebe-se assim uma maior eficiência do preparo MAFES na infiltração de água, pois um excesso de água proveniente de chuva ou irrigação será facilmente drenado no solo preparado por esse sistema. No sistema convencional o solo será saturado mais rapidamente favorecendo o escoamento superficial e erosão.

No sistema convencional devido à drenagem lateral (Figura 22), o período de encharcamento do solo é maior do que no sistema MAFES. A falta de oxigênio, devido ao excesso de água no solo, faz com que ocorra um acúmulo de CO_2 e etileno nas raízes, o que de acordo com Marschner (1995) pode interferir no acúmulo de nutrientes e no crescimento das plantas.

Figura 22 – Caminho percorrido pela água infiltrada (água + tinta látex) no solo preparado pelo sistema convencional (a) e no solo preparado pelo sistema MAFES (b)

A presença de torrão é um dos fatores que preocupam os agricultores que praticam a colheita mecanizada, pois os torrões coesos provenientes do preparo do solo ou de áreas compactadas, com tamanho semelhante aos tubérculos, não são separados pelas colhedoras, prejudicando o processo de classificação e limpeza (GOMES, 2002). Na Tabela 9 observa-se que no sistema MAFES um menor número de torrões foi colhido juntamente com os tubérculos, o que evidencia a quebra de torrões durante o preparo do solo nesse sistema, devido principalmente ao uso de enxadas rotativas. Também pode-se observar na Tabela 10 que o uso de EM foi favorável para a colheita mecanizada, uma vez que um menor número de torrões foi colhido juntamente com os tubérculos. A interação entre preparo do solo e uso de EM não foi estatisticamente significativa a 5 % de probabilidade, mostrando que um fator teve comportamento independente em relação ao outro.

Dickson; Campbell e Ritchie (1992) observaram durante a colheita, que no sistema convencional foram colhidos 30 % mais torrões de solo do que no sistema de tráfego zero, e após a colheita, o sistema convencional exigiu para o cultivo uma força de tração 70 % maior do que no sistema tráfego zero.

Tabela 9 – Influência do tipo de preparo do solo e da aplicação de EM na massa de torrões colhidos juntamente com a batata

Tratamento	kg/ parcela de 81 m ²
Sem EM	20,46 A
Com EM	13,45 B
Convencional	24,29 A
MAFES	9,61 B

Nota: Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância pelo teste de Tukey a 5 %.
Coeficiente de variação (%) = 19,97.

Em relação à massa de touceiras colhidas juntamente com os tubérculos, observa-se na Tabela 10 que o uso de EM e o sistema MAFES foram melhores, pois uma menor massa de touceiras foi obtida com esses tratamentos. Na primeira e segunda operação do sistema MAFES, as gramíneas são picadas e trituradas, tanto a parte aérea pelo uso da Tribar como o sistema radicular pelo uso da Roto, assim poucas touceiras restam no campo. Já no sistema convencional as gramíneas sofrem ação somente do arado e da grade, que não destroem por completo a touceira. O uso de EM provavelmente acelerou a decomposição desse material vegetal, por isso na época de colheita havia um menor número de touceiras na área onde esses microrganismos foram inoculados e assim um menor número de touceiras foi colhido. Como ocorreu para o número de torrões colhidos com os tubérculos (Tabela 9), para o número de touceiras colhidas juntamente com os tubérculos, a interação entre preparo do solo e uso de EM também não foi estatisticamente significativa a 5 % de probabilidade, mostrando que um fator teve comportamento independente em relação ao outro.

Tabela 10 – Influência da aplicação de EM e do tipo de preparo de solo na massa de touceiras colhidos juntamente com a batata

Tratamento	kg/ parcela de 81 m ²	
	Médias Originais	Médias transformadas
Sem EM	267,21	15,38 A
Com EM	182,74	11,91 B
Convencional	382,06	19,30 A
MAFES	67,89	8,00 B

Nota: Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância pelo teste de Tukey a 5 %. Médias transformadas segundo $Y = \sqrt{X+1}$. Coeficiente de variação (%) = 14,72.

A aplicação de EM não influenciou na porcentagem de tubérculos que sofreram danos mecânicos no momento da colheita (Tabela 11), porém um menor número de tubérculos com danos mecânicos foi obtido na área preparada pelo sistema MAFES (Tabela 11). Esse resultado deve-se ao menor número de torrões e touceiras observados na área preparada pelo sistema MAFES (Tabelas 9 e 10), uma vez que na área preparada pelo sistema convencional o maior número de torrões e touceiras deve ter danificado os tubérculos durante a colheita e beneficiamento.

A fragilidade dos tubérculos da variedade Vivaldi à colheita mecanizada pode ser observada pela alta porcentagem de danos mecânicos em todos os tratamentos estudados.

Tabela 11 – Influência da aplicação de EM e do tipo de preparo de solo na porcentagem de tubérculos que sofreram danos mecânicos no momento da colheita

Tratamento	% de tubérculos
Sem EM	19,83 A
Com EM	19,38 A
Convencional	22,53 A
MAFES	16,68 B

Nota: Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância pelo teste de Tukey a 5 %. Coeficiente de variação (%) = 17,32.

Após a colheita mecanizada ainda sobram tubérculos no campo, assim faz-se necessário o uso de uma arrancadeira de batata para trazer esses tubérculos à superfície e permitir, dessa forma, a colheita manual. Essa operação é chamada de recate² e apesar de aumentar o custo da colheita, impede que restem tubérculos no campo, evitando que sirvam de inóculo para pragas e doenças e que se tornem plantas daninhas para a cultura de rotação.

A utilização do EM aumentou a massa de tubérculos oriundos do recate nos dois sistemas (Tabela 12). Quando não se aplicou o EM os tipos de preparo não diferiram estatisticamente a 5 % de probabilidade, mas com a aplicação de EM houve uma maior massa de tubérculos oriundos do recate no sistema MAFES em relação ao sistema convencional (Tabela 13). Algumas das possíveis causas no aumento do recate é uma tuberização mais profunda ou um grande número de tubérculos pequenos que pelo seu tamanho não conseguem ser colhidos mecanicamente. Como não se observou no presente estudo, diferença estatisticamente significativa em relação à densidade do solo e resistência do solo a penetração, entre a área onde se aplicou EM e a área onde o EM não foi aplicado e também não se realizou a medida dos tubérculos oriundos do recate, não se esclareceu nesse trabalho à causa do aumento do recate na área onde se aplicou EM.

Tabela 12 – Influência da aplicação de EM na massa de tubérculos oriundos do recate na área preparada através do sistema MAFES e na área preparada através do sistema Convencional

Preparo	EM	kg/ parcela de 81 m ²	
		Médias Originais	Médias transformadas
MAFES	Com	16,78	2,79 A
	Sem	3,36	1,16 B
Convencional	Com	10,48	2,26 A
	Sem	3,64	1,25 B

Nota: Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância pelo teste de Tukey a 5 %. Médias transformadas segundo $Y=\log X$. Coeficiente de variação (%) = 14,47.

² Jargão utilizado pelo agricultor para designar o processo de coleta de tubérculos remanescentes no campo após a colheita.

Tabela 13 – Influência do tipo de preparo de solo na massa de tubérculos oriundos do recate na área onde se aplicou EM e na área onde não se aplicou EM

EM	Preparo	kg/ parcela de 81m ²	
		Médias Originais	Médias transformadas
Sem	Convencional	3,64	1,25 A
	MAFES	3,36	1,16 A
Com	MAFES	16,78	2,79 A
	Convencional	10,48	2,26 B

Nota: Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância pelo teste de Tukey a 5 %. Médias transformadas segundo $Y = \log X$. Coeficiente de variação (%) = 14,47.

A utilização de EM propiciou condições que favoreceram um maior ataque da larva alfinete (*Diabrotica speciosa*) aos tubérculos de batata (Tabela 14). De acordo com Brust e House (1990); Milanez e Parra (2000) as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, influenciam diretamente o comportamento das fêmeas de *D. speciosa* no momento da oviposição. Segundo Milanez e Parra (2000) os solos com coloração escura, percentagem maior de matéria orgânica e maiores teores de umidade são os preferidos para oviposição de *D. speciosa*. Assim, a maior decomposição do material vegetal proporcionada pelo EM em ambos preparos, devem ter criado condições no solo, principalmente em relação à alteração de cor e umidade, que tornaram esses sistemas atrativos a essa praga.

Tabela 14 – Influência da aplicação de EM e do tipo de preparo de solo na porcentagem de tubérculos atacados por larva alfinete no momento da colheita

Tratamento	% de tubérculos	
	Médias originais	Médias transformadas
Com EM	5,04	1,025 A
Sem EM	3,32	1,016 B
MAFES	4,31	1,021 A
Convencional	4,05	1,019 A

Nota: Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância pelo teste de Tukey a 5 %. Médias transformadas segundo $Y = \sqrt{X+1}$. Coeficiente de variação (%) = 0,84.

Os tratamentos não diferiram estatisticamente a 5 % de probabilidade quanto aos danos de podridões aos tubérculos (Tabela 15).

A utilização do EM propiciou um maior ataque aos tubérculos por sarna causada por *Streptomyces scabies*. Porém, os sistemas de preparo do solo não interferiram no ataque de sarna aos tubérculos (Tabela 15).

Em sua revisão bibliográfica, Sturz et al. (2004) comenta que medidas de controle de *Streptomyces scabies* têm envolvido tratamentos com fungicidas, irrigação logo após a inicialização da tuberização, modificações do solo com o uso de adubos verde e *mulches*, aplicação de espécies antagonistas a *Streptomyces* e ação de rizobactérias. Sturz et al. (2004) também comentam que a ocorrência espontânea de solos que “diminuem a doença” ou solos “supressivos a doença” tem sido atribuída à formação de comunidades microbianas capazes de reduzir a sobrevivência do patógeno e/ou seu desenvolvimento. Dessa forma, esperava-se que o sistema MAFES (incorporação de material vegetal triturado ao solo) bem como o uso de EM (comunidade microbiana) reduzisse o ataque de sarna aos tubérculos, porém não foram esses os resultados observados.

Apesar de não se ter dados no presente estudo que possam elucidar quais efeitos da utilização do EM que favoreceram o ataque de sarna aos tubérculos, pode-se especular que a aplicação de EM acelerou a decomposição do material vegetal. Segundo Drew e Lynch (1980) a população microbiana ativa pode criar zonas de anaerobiose. Microambientes ou microsítios anaeróbios seriam esperados ocorrer em torno de raízes e resíduos em decomposição, onde a abundância de fontes de substratos estimulam o crescimento microbiano (DREW; LYNCH, 1980). Assim, com a utilização de EM pode ter ocorrido uma maior quantidade de microsítios anaeróbios, o que pode ter causado um desequilíbrio biológico, matando ou inibindo os microrganismos antagonistas a *Streptomyces* e assim favorecendo o desenvolvimento da sarna.

Tabela 15 – Influência da aplicação de EM e do tipo de preparo de solo na porcentagem de tubérculos com podridão e na porcentagem de tubérculos atacados por sarna no momento da colheita

Tratamento	Podridões		Sarna	
	% de tubérculos		% de tubérculos	
	Médias originais	(1)Médias transformadas	Médias originais	(2)Médias transformadas
Com EM	12,07	1,058 A	6,54	1,032 A
Sem EM	8,99	1,044 A	4,07	1,020 B
MAFES	9,40	1,046 A	5,08	1,025 A
Convencional	11,66	1,056 A	5,54	1,027 A

Nota: Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância pelo teste de Tukey a 5 %.

⁽¹⁾ Médias transformadas segundo $Y = \sqrt{X+1}$. Coeficiente de variação (%) = 2,29.

⁽²⁾ Médias transformadas segundo $Y = \sqrt{X+1}$. Coeficiente de variação (%) = 1,71.

No preparo MAFES, a utilização de EM não interferiu nas alturas das plantas, mas no sistema convencional as alturas das plantas foram superiores sem a utilização do EM (Tabela 16). A adição de EM nos dois sistemas provavelmente aumentou a imobilização de nutrientes, principalmente o nitrogênio, necessários aos microrganismos para degradação da palhada que possui alta relação C:N. Isso deve ocorrer porque a braquiária que foi incorporada ao solo possui um sistema radicular abundante e agressivo e, assim, adiciona grande quantidade de resíduos orgânicos abaixo da superfície do solo. Esses resíduos, sobretudo os derivados de raízes, possuem elevada relação C:N (> 30), associada a valores relativamente altos de lignina e índice lignina:N (CARVALHO et al., 2001), características que levam à imobilização do nitrogênio do solo, ou aplicado via fertilizante, pela biomassa microbiana do solo (CADISH et al., 1998; CONSTANTINIDES; FOWNES, 1994), que no presente trabalho teve um acréscimo devido a aplicação de EM. Porém, a interferência do EM, somente no sistema convencional pode ter ocorrido devido ao maior tamanho da palhada incorporada ao solo nesse sistema fazendo com que os microrganismos requeressem uma maior quantidade de nutrientes para a degradação da palhada. Dessa forma, uma menor quantidade de nutrientes ficou disponível para o

desenvolvimento da planta de batata, interferindo assim na sua altura. No sistema MAFES a palhada é triturada tornando mais rápida a sua decomposição e, portanto, nesse sistema, o tempo de imobilização dos nutrientes pelos microrganismos é menor do que no sistema convencional.

Comparando-se o sistema MAFES e o convencional, pode-se observar que tanto na área que se aplicou EM, quanto na área onde não se aplicou EM, as alturas das plantas foram superiores no sistema MAFES (Tabela 17). A diferença de altura das plantas entre o sistema MAFES e o sistema convencional ocorreu devido à existência de uma maior área para o sistema radicular se desenvolver no sistema MAFES, permitindo que ocorresse uma maior absorção de nutrientes e água pelas plantas que se desenvolveram na área preparada por esse sistema. Essa área mais favorável para o desenvolvimento das raízes no sistema MAFES pode ser evidenciada pela eficiência na drenagem da água nesse sistema (Figura 22), pelos dados densidade do solo (Tabela 1) e pelos dados de resistência do solo à penetração (Figuras 4 a 13). Na área preparada pelo sistema MAFES observa-se menores valores de densidade e menores valores de resistência à penetração, principalmente em profundidade no centro da linha de preparo (entre os dois camalhões), condições favoráveis para o desenvolvimento radicular.

Estudando o sistema “tráfego zero”, sistema de preparo do solo com os mesmos princípios do sistema MAFES, Young et al. (1993) não observaram diferença entre os tratamentos (convencional e “tráfego zero”) em relação ao conteúdo de nutriente nas folhas novas; também não observaram diferenças em relação à distribuição de raízes das plantas de batata, porém verificaram uma maior interceptação de radiação solar ($> 5\%$) pelas plantas cultivadas onde o solo foi preparado pelo “tráfego zero”. Assim, esses autores consideram que a maior produtividade ($> 19,4\%$) observada nas plantas cultivadas sob o “tráfego zero” deve-se a maior interceptação da radiação observada nesse tratamento. Ao longo de todo o período de crescimento das plantas de batata, Young et al. (1993) observaram no tratamento “tráfego zero”, uma maior área foliar, maior massa seca do caule e maior massa seca dos estolões e dos tubérculos, dados esses que concordam com os relatados nesse trabalho para o sistema MAFES.

Tabela 16 – Influência da aplicação de EM na altura da plantas na área preparada através do sistema MAFES e na área preparada através do sistema Convencional

Preparo	EM	Altura (cm)
MAFES	Sem	52,09 A
	Com	55,79 A
Convencional	Sem	41,13 A
	Com	35,69 B

Nota: Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância pelo teste de Tukey a 5 %.
Coeficiente de variação (%) = 7,55.

Tabela 17 – Influência do tipo de preparo de solo na altura da plantas na área onde se aplicou EM e na área onde não se aplicou EM

EM	Preparo	Altura (cm)
Sem	MAFES	55,79 A
	Convencional	41,13 B
Com	MAFES	52,09 A
	Convencional	35,69 B

Nota: Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância pelo teste de Tukey a 5 %.
Coeficiente de variação (%) = 7,55.

A aplicação do EM reduziu a produção de tubérculos totais na área preparada pelo sistema MAFES (Tabela 18), porém na área preparada pelo sistema convencional a aplicação de EM não influenciou na produção total de tubérculos, apesar de ter influenciado na altura das plantas (Tabela 16). Provavelmente, a aplicação de EM no sistema MAFES acelerou ainda mais a decomposição do material vegetal que já é mais alta nesse sistema comparado ao preparo convencional, uma vez que no sistema MAFES o material vegetal é triturado e no convencional somente picado. Dessa forma, zonas de anaerobiose podem ter sido criadas devido à proliferação e ação da população microbiana ativa na degradação do substrato. Nesses microsítios anaeróbios, compostos tóxicos a planta podem ter sido gerados interferindo dessa forma na produção de tubérculos.

Apesar da utilização de EM não ter influenciado a altura das plantas no sistema MAFES (Tabela 16), a queda de produção devido à utilização de EM nesse sistema de preparo do solo

pode ser explicada pela falta de oxigênio (hipoxia) devido aos sítios anaeróbios gerados pelos microrganismos durante a degradação do material vegetal. Com a utilização do EM no sistema MAFES se aumentou a competição por oxigênio entre os microrganismos e a planta, o que influenciou diretamente na produção. De acordo com Taiz e Zeiger (2004), a hipoxia diminui a condução de íons para a parte aérea. Dessa forma, as folhas não possuem energia suficiente para realizar os processos fisiológicos. Além disso, as raízes diminuem seu potencial de absorção e translocação de íons no xilema.

Como o EM diminui a produção total de tubérculos na área preparada pelo sistema MAFES, esse sistema não diferiu estatisticamente do sistema de preparo convencional em relação à produção total de tubérculos quando se aplicou EM na área (Tabela 19). Entretanto, quando se observa a área onde não se aplicou EM, o preparo MAFES propiciou uma maior produção de tubérculos em relação ao preparo convencional (Tabela 19). Esse fato, ao que tudo indica, se deve a uma maior área que o sistema MAFES propicia para o desenvolvimento do sistema radicular, ou seja, uma melhor eficiência do sistema radicular em absorver nutrientes e água. Pode-se verificar que no sistema MAFES a altura da parte aérea da planta foi superior (Tabela 17), indicando a área fotossintética que possa ter sido aumentada em relação às plantas do sistema convencional, favorecendo um melhor desenvolvimento dos tubérculos. Nas Figuras 12 a 15 verifica-se que a resistência à penetração no sistema MAFES é inferior a resistência à penetração do sistema convencional à medida que profundidades maiores são analisadas.

Alguns pesquisadores estudaram sistemas de preparo do solo similares ao MAFES, e obtiveram resultados que concordam com os do presente estudo, ou seja, que esses sistemas conhecidos como “tráfego zero” contribuem para aumentar a produtividade de batata. Tal fato deve estar relacionado à melhora de alguma característica física do solo. Dickson; Campbell e Ritchie (1992), por exemplo, observaram para os três períodos de cultivo estudados que o sistema de tráfego zero aumentou em 14 % e 18% as produções total e comercial de tubérculos de batata, respectivamente. Segundo esses pesquisadores isso deveu-se ao maior número de poros preenchidos com ar na estação úmida e à menor resistência à penetração no período seco. Os resultados discutidos por Sojka et al. (1993a) mostraram que a subsolagem em zona num primeiro ano de cultivo de batata, aumentou a produtividade de tubérculos número 1 (Classificação Americana) em 4,6 % (3,8 t/ha), mas a produtividade total não foi

significativamente afetada. Já no segundo ano de cultivo, a subsolagem em zona aumentou a produtividade total em 4,2 t/ha e a produtividade de tubérculos número 1 em 5,6 t/ha (7,7 %).

Tabela 18 – Influência da aplicação de EM na produção total de tubérculos na área preparada através do sistema MAFES e na área preparada através do sistema Convencional

Produção	EM	Preparo	kg/ parcela de 81m ²	kg/ha
Total	MAFES	Sem	410,40 A	50667
		Com	374,97 B	46293
	Convencional	Com	350,63 A	43288
		Sem	348,74 A	43054

Nota: Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância pelo teste de Tukey a 5 %.
Coeficiente de variação (%) = 16,39.

Tabela 19 – Influência do tipo de preparo de solo na produção total de tubérculos na área onde se aplicou EM e na área onde não se aplicou EM

Produção	EM	Preparo	kg/ parcela de 81m ²	kg/ha
Total	Sem	MAFES	410,40 A	50667
		Convencional	348,74 B	43054
	Com	MAFES	374,97 A	46293
		Convencional	350,63 A	43288

Nota: Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância pelo teste de Tukey a 5 %.
Coeficiente de variação (%) = 16,39.

Apesar da aplicação do EM ter influenciado a produção total de tubérculos no sistema de preparo MAFES (Tabela 20), a qualidade de tubérculos (especial, primeira e segunda) no sistema MAFES não foi influenciada pela aplicação desses microrganismos. Isso pode ser verificado nas Tabelas 20 e 21.

Na Tabela 20 observa-se uma maior quantidade de tubérculos especiais no sistema MAFES em relação ao sistema convencional, não havendo interferência do uso de EM. O sistema de preparo MAFES proporcionou condições físicas no solo, como menor resistência à penetração e maior porosidade, que propiciaram melhor desenvolvimento da planta que conseqüentemente produziu tubérculos com maior qualidade.

Tabela 20 – Influência da aplicação de EM e do tipo de preparo de solo na produção de tubérculos tipo especial

Tratamento	(1) % de tubérculos especiais	kg/ha
Sem EM	72,31 A	34079
Com EM	70,12 A	31441
Preparo MAFES	75,06 A	36375
Preparo Convencional	67,38 B	29144

Nota: Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância pelo teste de Tukey a 5 %.
Coeficiente de variação (%) = 5,69.

⁽¹⁾ Tubérculos com diâmetro > 42 mm

Como comentado anteriormente, a aplicação de EM não influenciou a qualidade dos tubérculos na área preparada pelo sistema MAFES. Porém, a utilização do EM reduziu a produção de tubérculos de primeira e segunda no sistema convencional (Tabela 21) apesar de não ter tido influência nos tubérculos classificados como especiais (Tabela 20).

Tabela 21 – Influência da aplicação de EM na produção de tubérculos de primeira e de segunda na área preparada através do sistema MAFES e na área preparada através do sistema Convencional

Produção	Preparo	EM	% de tubérculos	kg/ha
(1) Primeira	MAFES	Com	2,01 A	916
		Sem	1,91 A	977
	Convencional	Sem	2,83 A	1198
		Com	1,48 B	635
(2) Segunda	MAFES	Sem	0,44 A	219
		Com	0,44 A	200
	Convencional	Sem	0,86 A	367
		Com	0,46 B	201

Nota: Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância pelo teste de Tukey a 5 %.

⁽¹⁾ Tubérculos com diâmetro entre 33 e 42 mm. Coeficiente de variação (%) = 20,80;

⁽²⁾ Tubérculos com diâmetro entre 23 e 33 mm. Coeficiente de variação (%) = 33,06.

Quando não se aplicou EM foi observada uma menor porcentagem de tubérculos de primeira e segunda na área preparada pelo sistema MAFES (Tabela 22). Isso deveu-se a maior produção de tubérculos tipo especiais nesse sistema (Tabela 20). Já na área onde se utilizou EM os preparos não diferiram entre si (Tabela 22), isso pode estar relacionado à redução da porcentagem de tubérculos de primeira e segunda no preparo convencional devido ao uso de EM, fazendo com que a diferença para o sistema MAFES, que percentualmente produziu menos tubérculos nessas classificações, fosse reduzido.

Tabela 22 – Influência do tipo de preparo de solo na produção de tubérculos de primeira e de segunda na área onde se aplicou EM e na área onde não se aplicou EM

Produção	EM	Preparo	% de tubérculos	kg/ha
(1) Primeira	Sem	Convencional	2,83 A	1198
		MAFES	1,91 B	977
	Com	MAFES	2,01 A	916
		Convencional	1,48 A	635
(2) Segunda	Sem	Convencional	0,86 A	367
		MAFES	0,44 B	219
	Com	Convencional	0,46 A	201
		MAFES	0,44 A	200

Nota: Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância pelo teste de Tukey a 5 %.

⁽¹⁾ Tubérculos com diâmetro entre 33 e 42 mm. Coeficiente de variação (%) = 20,80;

⁽²⁾ Tubérculos com diâmetro entre 23 e 33 mm. Coeficiente de variação (%) = 33,06.

Observa-se na Tabela 23 um maior número de tubérculos classificados como diversas na área preparada pelo sistema convencional, sendo que a aplicação de EM não influenciou estatisticamente nessa variável. Esse é um dado favorável para a recomendação do sistema de preparo MAFES no plantio de batata, já que o menor número de tubérculos classificados como diversas na área preparada pelo sistema MAFES refletem a menor quantidade de tubérculos que sofreram danos mecânicos durante a colheita (Tabela 12). Assim, o preparo MAFES viabiliza a prática da colheita mecanizada, pois reduz o número de torrões e touceiras colhidas juntamente com o tubérculo (Tabelas 09 e 10) e que os danificam.

Tabela 23 – Influência da aplicação de EM e do tipo de preparo de solo na produção de tubérculos tipo diversas

Tratamento	(1)% de tubérculos diversas	kg/ha
Com EM	27,62 A	12373
Sem EM	24,56 A	11401
Preparo Convencional	29,75 A	12826
Preparo MAFES	22,44 B	10947

Nota: Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância pelo teste de Tukey a 5 %.
Coeficiente de variação (%) = 15,99.

⁽¹⁾ Tubérculos com danos e/ou má formação.

O processo de colheita mecanizada da batata apresenta papel de suma importância para as regiões produtoras, principalmente para a otimização do processo produtivo. Esse sistema propicia um rendimento de colheita muito superior ao sistema manual ou semi-mecanizada, podendo dessa forma otimizar a área de produção e promover a retirada dos tubérculos mais rápida do solo, permitindo assim cumprir rigorosamente os prazos de entrega da produção (GOMES, 2002).

5 CONCLUSÕES

- a) O sistema de preparo de solo MAFES mostrou-se mais eficiente para o cultivo de batata do que o sistema convencional nas condições que o experimento foi conduzido, devido proporcionar condições físicas no solo que favorecem a qualidade e produção dos tubérculos.
- b) Não houve resposta da aplicação de Microrganismos Eficazes (EM) no cultivo de batata quanto ao rendimento e qualidade dos tubérculos. Sugere-se, no entanto, que novos estudos sejam realizados com a aplicação de EM por vários anos na mesma área, buscando um equilíbrio biológico no solo.

REFERÊNCIAS

- ALLISON, F.E. **Soil organic matter and its role in crop production**. Amsterdam: Elsevier, 1973. 639p.
- ANDREATTA, A. Vivaldi: uma questão de manejo. **Batata Show**, Itapetininga, n. 8, dez. 2003. Disponível em: <http://www.abbabatatabrasileira.com.br/revista08_012.htm>. Acesso em: 03 jun. 2006.
- ANGERS D.A.; CARTER, M.R. Aggregation and organic matter storage in cool, humid agricultural soils. In: CARTER, M.R.; STEWART, B.A. (Ed.). **Structure and organic matter storage in agricultural soils**. Boca Raton: CRC Press, 1996, p. 193–211.
- ANGULO, J.R. **Relações entre a erodibilidade e algumas propriedades de solos brasileiros**. 1983. 154 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural do Paraná, Curitiba, 1983.
- BAVER, L.D.; GARDNER, W.H.; GARDNER, W.R. **Física de suelos**. México: Hispano Americano, 1972. 529 p.
- BELTRAME, L.F.S.; GONDIM, L.A.P.; TAYLOR, J.C. Estruturas e compactação de solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 5, p. 145-149, 1981.
- BENGOUGH, A.G.; MULLINS, C.E. Mechanical impedance to root growth: a review of experimental techniques and root growth responses. **Journal of Soil Science**, London, v. 41, p. 341-358, 1990.
- BERNARDO, S. Água no solo. In: _____. **Manual de Irrigação**. Viçosa: UFV, 2002. p. 19-45.
- BISHOP, J.C.; GRIMES, D.W. Precision tillage effects on potato root and tuber production. **American Potato Journal**, Orono, v. 55, p.65-71, 1978.

BLAKE, A. Bulk density. In: BLACK, C.A. (Ed.). **Methods of soil analysis**: I. Physical and mineralogical methods. Madison: American Society of Agronomy, 1986. p. 363-75.

BRADY, N.C. **Natureza e propriedade dos solos**. 7.ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989. 878p.

BRADY, N.C.; WEIL, R.R. **The nature and properties of soils**. 13 th ed. New Jersey: Prentice Hall, 2002. 960p.

BRUST, G.E.; HOUSE, G.J. Effects of soil texture, soil moisture cover and weeds on oviposition preference of southern corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae). **Environmental Entomology**, College Park, v. 19, p. 697- 703, 1990.

CADISH, G.; HANDAYANTO, E.; MALAMA, C.; SEYNI, F.; GILLER, K.E. N recovery from legumes pruning and priming effects are governed by the residue quality. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 205, p.125-134, 1998.

CALHOUN, F.G.; SMECK, N.E.; SLATER, B.L.; BIGHAM, J.M.; HALL, G.F. Predicting bulk density of Ohio Soils from morphology, genetic principles, and laboratory characterization data. **Journal/ Soil Science Society of America**, Madison, v. 65, p. 811–819, 2001.

CALLEBOURT, F.; GABRIELS, D.; MINJAUE, W.; BOODT, M. Determination of soil surface strength with a needle-type penetrometer. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 5, p. 227-245, 1985.

CAMARGO, O.A.; ALLEONI, L.R.F. **Reconhecimento e medida da compactação do solo**. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2006_2/C6/Index.htm>. Acesso em: 20 set. 2006.

CARVALHO, E.J.M.; FIGUEIREDO, M.S.; COSTA, L.M. Comportamento físico-hídrico de um podzólico vermelho-amarelo câmbico fase terraço sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 2, p. 257-265, fev. 1999.

CARVALHO, M.C.S.; MELFI, A.J.; CERRI, C.C.; FERNANDES, S.A.P. Qualidade de resíduos vegetais e seqüestro de carbono numa cronossequência de floresta-pastagens na Amazônia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 28., 2001, Londrina. **Resumos...** Londrina: SBCS; EMBRAPA ; IAPAR; UEL; UEM, 2001. p.288.

CASTRO FILHO, C.; MIZILLI, O.; PODANOSCHI, A.L. Estabilidade de agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num latossolo roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotação de culturas e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 22, p. 527-538, 1998.

COHRON, G. T. Forces causing soil compaction. In: BARNES, K.K.; CARLETON, W.M.; TAYLOR, H.M.; THROCKMORTON, R.I.; VANDER BERG, G.E. **Compaction of agricultural soils**. Beltsville: ASAE, 1972. p.106-122.

CONSTANTINIDES, M.; FOWNES, J.H. Nitrogen mineralization from leaves and litter of tropical plants: relationship to nitrogen, lignin and soluble polyphenol concentrations. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v. 26, p.49-55, 1994.

CRUZ, A.C.R.; PAULETTO, E.A.; FLORES, C.A.; SILVA, J.B. Atributos físicos e carbono orgânico de um argissolo vermelho sob sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 27, p. 1105-1112, 2003.

De MARIA, I.C.; CASTRO, O.M.; DIAS, H.S. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em latossolo roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 23, p. 703-709, 1999.

DERPSCH, R.; ROTH, C.H.; SIDIRAS, N.; KÖPKE, U. **Controle da erosão no Paraná, Brasil:** sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Eschborn: Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit; IAPAR, 1991. 260p.

DIAS JUNIOR, M.S.; PIERCE, F.J. O processo de compactação do solo e sua modelagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, p. 175-182, 1996.

DICKSON, J.W.; CAMPBELL, D.J.; RITCHIE, R.M. Zero and conventional traffic systems for potatoes in Scotland, 1987-1989. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 24, p. 397-419, 1992.

DOURADO NETO, D.; JONG-VAN-LIER, Q. J.V.; BOTREL, T.A.; LIBARDI, P.L. Programa para confecção da curva de retenção de água no solo utilizando o modelo de Genuchten.

Engenharia Rural, Piracicaba, v.1, n.2, p.92-102, 1990.

DREW, M.C.; LYNCH, J.M. Soil anaerobiosis, microorganisms, and root function. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 18, p. 37-66, sept. 1980.

EDWARDS, L.; BURNEY, J.R.; RICHTER, G.; MacRAE, A.H. Evaluation of compost and straw mulching on soil-loss characteristics in erosion plots of potatoes in Prince Edwards Island, Canada. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 81, p.217-222, 2000.

EGASHIRA, K.; KAETSU, Y.; TAKUMA, K. Aggregate stability as an index of erodibility of Andosols. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v. 29, n. 4, p. 473-481, 1983.

ELTZ, F.L.F.; PEIXOTO, R.T.G.; JASTER, F. Efeitos de sistemas de preparo de solo nas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Bruno álico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 13, p. 259-267, 1989.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.

ESTEY, R.H. Roots, rhizomes and rizophaga. In: LOHN, P. (Ed.). **Soil organisms as components of ecosystems**. Stocholml: Swedish Natural Science Research Council, 1976. 614p.

FILGUEIRA, F.A.R. Solanáceas I – Batata: o Alimento Universal. In: _____. **Novo Manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2000. p. 157-188.

FILGUEIRA, F.A.R. **Solanáceas: agrotecnologia moderna na produção de tomate, batata, pimentão, pimenta, berinjela e jiló**. Lavras: UFLA, 2003. 331p.

FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO. Batata. In: _____. **Agrianual 2006**: anuário da agricultura brasileira. São Paulo, 2006. p. 200-204.

FLOCKER, W.J.; TIMM, H.; VOMOCIL, J.A. Effects of soil compaction on tomato and potato yields. **Agronomy Journal**, Madison, v.52, n. 6, p. 345-348, 1960.

GAGNON, B.; LALANDE, R.; FAHMY, S.H. Organic matter and aggregation in a degraded potato soil as affected by raw and composted pulp residue. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 34, p. 441-447, 2001.

GOMES, J.A. **Desempenho operacional de colhedoras de Batata (*Solanum tuberosum* L.)**. 2002. 99 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

GOSS, M.J.; REID, J.B. Influence of perennial ryegrass roots on aggregate stability. **Agricultural Research Council Letcombe Laboratory Annual Report**, p.24-25, 1979.

GRANT, C.A.; LAFOND, G.P. The effects of tillage systems and crop sequences on soil bulk density and penetration resistance on a clay soil in Southern Saskatchewan. **Canadian Journal Soil Science**, Ottawa, v.73, n.2, p.223-232, 1993.

HAYNES, R.J.; TREGURTHA, R. Effects of increasing periods under intensive arable vegetable production on biological, chemical and physical indices of soil quality. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 28, p. 259–266, 1999.

HIGA, T. Studies on the Application of Effective in Nature Farming: Effects of Effective Microorganisms on Yield and Quality of Carrot, Peanut, and Consecutive Planting of Tomato. In: IFOAM CONFERENCE, 6., 1986, Santa Cruz. **Proceedings...** Santa Cruz: University of California, 1986.

HIGA, T.; KINJO, S. Effect of Lactic Acid Fermentation Bacteria on Plant Growth and Soil Humus Formation. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON KYUSEI NATURE FARMING, 1., 1989, Khon Kaen. **Proceedings...** Maryland: USDA, 1989. p. 140-147.

HIGA, T.; WIDIDANA, G.N. The Concept and Theories of Effective Microorganisms. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON KYUSEI NATURE FARMING, 1., 1989, Khon Kaen. **Proceedings...** Maryland: USDA, 1989. p. 118-124.

IBRAHIM, B.A.; MILLER, D.E. Effect of subsoiling on yield and quality of corn and potato at two irrigation frequencies. **Journal/ Soil Science Society of America**, Madison, v. 553, p. 247-251, 1989.

IJIMA, M.; KONO, Y. Interspecific differences of the root system structures of four cereal species as affected by soil compaction. **Japanese Journal of Crop Science**, Tokyo, v.60, p.130-138, 1991.

KEMPER, W. D. Aggregates stability. In: BLACK, C.A.; EVANS, D.D.; ENSMINGER, L.E.; WHITE, F.E. (Ed). **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy, 1965. v. 1, p. 511-519.

KEMPER, W.D.; CHEPIL, W.S. Size distribution of aggregates. In: BLACK, C.A.; EVANS, D.D.; ENSMINGER, L.E.; WHITE, F.E. (Ed). **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy, 1965. v. 1, p. 499-510.

KIEHL, E.J. **Manual de Edafologia**. São Paulo: CERES, 1979. 264p.

KIEHL, E.J. **Manual de compostagem**: maturação e qualidade do composto. 3.ed. Piracicaba: o autor, 2002. 171p.

KLUTE, A. Water retention: a laboratory methods. In: BLACK, C.A. (Ed.). **Methods of soil analysis**: I. Physical and mineralogical methods. Madison: American Society of Agronomy, 1986. p.635-662.

LAL, R. Influence of tillage methods and residue mulches on soil structure and infiltration rates. In: LAL, R.; GREENLAND, D.J. **Soil physical properties and crop production in the tropics**, Chichester: John Wiley, 1978. 551p.

LAL, R.; GREENLAND, D.J. **Soil physical properties and crop production in the tropics**, Chichester: John Wiley and Sons Ltd, 1978. 551p.

LEE, K.H. Effect of organic amendments and EM on the growth and yield of crops and soil properties. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON KYUSEI NATURE FARMING, 4., 1991, Piracicaba. **Proceedings...** Maryland: USDA, 1991. p. 142-147.

LETEY, J. Relationship between soil physical properties and crop production. **Advances in Soil Science**, New York, v. 1, p. 277-294, 1985.

LIBARDI, P.L. **Dinâmica da água no solo**. São Paulo: EDUSP, 2005. 335p.

LIN, D.L.L. Nature Farming in Taiwan: Effects of Organic Amendments and E.M. on Rice Production. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON KYUSEI NATURE FARMING, 2., 1991, Piracicaba. **Proceedings...** Maryland: USDA, 1991. p. 142-147.

LOPES, C.A.; BUSO, J.A. **Cultivo da Batata (*Solanum tuberosum*)**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 1997. 36p. (Instruções Técnicas, nº 8).

LYNCH, J.M.; BRAGG, E. Microorganisms and soil aggregate stability. **Advances in Soil Sciences**, New York, v. 2, p. 133-171, 1985.

MANTOVANI, E.C. Máquinas e implementos agrícolas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 23, n. 1, p. 56-63, 1987.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2nd ed. London: Academic Press, 1995. 889p.

MASLE, J.; FARQUHAR, G.D. Effects of soil strength on the relation on water-use-efficiency and growth to carbon isotope discrimination in wheat seedlings. **Plant Physiology**, Rockville, v. 86, p. 32-38, 1988.

MASLE, J.; PASSIOURA, J. B. The effective of soil strength on the growth of young wheat plants. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v. 14, p. 643-656, 1987.

MAZURAK, A.P.; MOSHER, P.N. Detachment of soil aggregates by simulated rainfall. **Soil Science Society of America. Proceedings**, Madison, v.34, n.5, p.798-800, Sept./Oct. 1970.

MEDINA, B.F. Influência de dois métodos de preparo de área na compactação de um latossolo amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 9, p. 67-71, 1985.

MEROTTO, A.; MUNDSTOCK, C.M. Wheat root growth as affected by soil strength. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 23, p. 197-202, 1999.

MILANEZ, J.M.; PARRA, J.R.P. Preferência de *Diabrotica speciosa* (Germar) (Coleóptera: Chrysomelidae) para oviposição em diferentes tipos e umidades de solos. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 29, n. 1, p. 155-158, 2000.

MIRANDA FILHO, H.S.; GRANJA, N.P.; MELO, P.C.T. **Cultura da Batata**. Vargem Grande do Sul: IAC-APTA-SAA/ USP-ESALQ-LPV, 2003. 68 p.

MIYASAKA, S.; CAMARGO, A.P.; INFORZATO, R.; IGUE, T. Efeitos da cobertura e da incorporação ao solo, imediatamente antes do plantio, de diferentes formas de matéria orgânica não decomposta na cultura do feijoeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 25, p. 349-363, 1996.

MONEGAT, C. **Plantas de cobertura do solo**: características e manejo em pequenas propriedades. Chapecó: o autor, 1991. 337p.

MORAES, M.H.; BENEZ, S.H. Efeitos de diferentes sistemas de preparo do solo em algumas propriedades físicas de uma terra roxa estruturada e na produção de milho para um ano de cultivo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 16, n. 2, p. 31-41, 1996.

OLIVEIRA, L.B. Determinação da macro e microporosidade pela "mesa de tensão" em amostras de solo com estrutura indeformada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.3, p. 197-200, 1968.

OTTONI FILHO, T.B. Uma classificação físico-hídrica do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 27, p. 211-222, 2003.

PEREIRA, E.M.S.; LUZ, J.M.Q.; MOURA, C.C. **A batata e seus benefícios nutricionais**. Uberlândia: EDUFU, 2005. 60p.

PIERCE, F.J.; BURPEE, C.G. Zone tillage effects on soil properties and yield and quality of potatoes (*Solanum tuberosum* L.). **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 35, p. 135-146, 1995.

PRADO, R. M.; CENTURION, J. F. Alterações na cor e no grau de floculação de um Latossolo Vermelho-Escuro sob cultivo contínuo de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 1, p. 197-203, jan. 2001.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel, 2002. 549p.

REICHARDT, K. **Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera**. 4.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1985. 466 p.

REICHARDT, K. Capacidade de campo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.12, p.211- 216, 1988.

REICHERT, J.M.; VEIGA, M.; CABEDA, M.S.V. Índices de estabilidade de agregados e suas relações com características e parâmetros de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 17, n. 2, p. 283-290, maio/ago. 1993.

REID, J.B.; GOSS, M.J. Changes in the aggregate stability of a sandy loam affected by growing roots of perennial ryegrass (*Lolium perenne*). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 31, p. 325-328, 1980.

RICHARDS, L.A. **Diagnosis and improvement of Saline and alkaline soils**. Washington: USDA, 1954a. 160p. (Agriculture Handbook, 60).

RICHARDS, L.A. Infiltration Rate In: _____. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: USDA, 1954b. chap. 28, p. 108-109. (Agriculture Handbook, 60).

RIZZO, L.T.B. **Indicadores da resiliência do latossolo vermelho escuro cultivado com citros e eucalipto em Itapetininga-SP: recuperação de um solo degradado pela compactação.** 2000. 200p. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, São Paulo, 2000.

ROTH, C.H.; CASTRO FILHO, C.; MEDEIROS, G.B. Análise de Fatores físicos e químicos relacionados com a agregação de um latossolo roxo distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 15, p. 241-248, 1991.

ROTH, C.H.; PAVAN, M.A.; CHAVES, J.C.D.; MEYER, B.; FREDE, H.G. Efeitos das aplicações de calcário e gesso sobre a estabilidade de agregados e infiltrabilidade de água em um latossolo roxo cultivado com cafeeeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 10, p. 163-166, 1986.

SÁ, M.A.C.; LIMA, J.M.; SILVA, M.L.N.; DIAS JUNIOR, M.S. Comparação entre métodos para o estudo da estabilidade de agregados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 9, p. 1825-1834, set. 2002.

SANTOS, D. **Perdas de solo e produtividade de pastagens nativas melhoradas sob diferentes práticas de manejo em Cambissolo distrófico (Epiálico) dos campos da Mantiqueira, MG.** 1993. 99p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1993.

SILVA, I.F.; MIELNICZUK, J. Sistemas de cultivo e características do solo afetando a estabilidade de agregados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 22, p. 311-317, 1998.

SILVA, M.L.N. **Erodibilidade e impacto direto de gotas de chuva simulada sobre a superfície de latossolos sob cerrado.** 1994. 109 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1994.

SILVA, M.L.N.; BLANCANEUX, P.; CURTI, N.; LIMA, J.M.; MARQUES, J.J.G.S.M.; CARVALHO, A.M. Estabilidade e resistência de agregados de latossolo vermelho-escuro cultivado com sucessão milho-adubo verde. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 1, p. 97-103, jan. 1998.

SIQUEIRA, R. **Sistemas de preparo em diferentes tipos de coberturas vegetais do solo**. 1999. 191p. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 1999.

SKAGGS, R.W.; MILLER, D.E.; BROOKS, R.H. Soil water-properties. In: JENSEN, M.E. **Design and operation of farm irrigation systems**, St Joseph: ASAE, 1983. p. 77-136. (ASAE Monograph, 3).

SOJKA, R.E.; WESTERMANN, D.T.; BROWN, M.J.; MEEK, B.D. Zone-subsoiling effects on infiltration, runoff, erosion, and yields of furrow-irrigated potatoes. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 25, p. 351-368, 1993a.

SOJKA, R.E.; WESTERMAN, D.T.; KINCAID, D.C.; MCCANN, I.R.; HALDERSON, J.L.; THORNTON, M. Zonesubsoiling effects on potato yield and grade. **American Potato Journal**, v. 70, p. 475-484, 1993b.

SOUSA, A.R.; SILVA, A.B.; RESENDE, M. Influência da pressão exercida por pisoteio de animais na compactação do solo do vale do Pajeú, em Pernambuco. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO DA ÁGUA, 12. 1988, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBCS, 1998. p.256-257.

SOUZA, Z.M.; ALVES, M.C. Movimento de água e resistência à penetração em um Latossolo Vermelho distrófico de cerrado, sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 18-23, 2003.

STOLF, R.; FERNANDES, J.; FURLANI NETO, V. Penetrômetro de impacto- IAA/ Planalsucar – STOLF (Recomendações para seu uso). **STAB – açúcar, álcool e subprodutos**, Piracicaba, v. 1, n. 3, p. 18-23, jan.-fev. 1983.

STURZ, A.V.; RYAN, D.A.J.; COFFIN, A.D.; MATHESON, B.G.; ARSENAULT, W.J.; KIMPINSKI, J.; CHRISTIE, B.R. Stimulating disease suppression in soils: sulphate fertilizers can increase biodiversity and antibiosis ability of root zone bacteria against *Streptomyces scabies*. **Soil Biology & Biochemistry**, Elmsford, v. 36, n. 2, p. 343-352, Feb. 2004.

SUN, H.; LANEY, F. J.; BULLOCK, M. S. Soil amendments and water-stable aggregation of a desurfaced Dark Brown Chernozem. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 75, n. 3, p. 319-325, Aug. 1995.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 704p.

TAVARES, S.; CASTRO, P.R.C.; MELO, P.C.T. **Cultura da Batata**. Piracicaba: ESALQ – Divisão de Biblioteca e Documento, 2002. 29 p. (Série Produtor Rural, 18).

THOMPSON, L.M. **El suelo y su fertilidade**. Barcelona: Editorial Reverté, 1962. 409p.

TIPPKÖTTER, R. The effect of ultrasound on the stability of mesoaggregates (60-200 µm). **Zeitschrift fuer Pflanzenernährung und Bodenkunde**, Weinheim, v. 157, n. 2, p. 99-104, Abr. 1994.

TISDALL, J.M.; OADES, J.M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. **Journal of Soil Science**, Oxford, v. 33, n. 1, p. 141-163, Mar. 1982.

TISDALL, J.M.; OADES, J.M. Stabilization of soil aggregates by roots systems of ryegrass. **Australian Journal of Soil Research**, Melbourne, v. 17, p. 429-441, 1979.

TOKESHI, H.; LIMA, M.A.T.; JORGE, M.J.A. Efeitos dos Microrganismos Eficazes e Adubação Verde na Produtividade do Solo no Brasil. In: CONFERENCIA INTERNACIONAL DE AGRICULTURA NATURAL MESSIANICA, 1993, Santa Bárbara. **Anais...** São Paulo: Fundação Mokiti Okada, 1994, p. 27-43.

TORMENA, C.A.; BARBOSA, M.C.; COSTA, A.C.S.; GONÇALVES, A.C.A. Densidade, porosidade e resistência à penetração em latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo de solo. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 59, n. 4, p. 795-801, out./ dez. 2002.

VALARINI, P.J.; DÍAZ ALVAREZ, M.C.; GASCÓ, J.M.; GUERRERO, F.; TOKESHI, H. Assessement of soil properties by organic matter and EM-Microorganism incorporation. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 27, p. 519-525, 2003.

WUTKE, E.B.; FANCELLI, A.L.; PEREIRA, J.C.V.N.A.; AMBROSANO, G.M.B. Rendimento do feijoeiro irrigado em rotação com cultura graníferas e adubos verdes. **Bragantia**, Campinas, v. 57, n. 2, p. 325-338, 1998.

YOUNG, I.M.; BENGOUGH, A.G.; MACKENZIE, C.J.; DICKSON, J.W. Differences in potato development (*Solanum tuberosum* cv. Maris Piper) in zero and conventional traffic treatments are related to soil physical conditions and radiation interception. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 26, p. 341-359, 1993.