

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIROZ"



"SUCESSÃO DE CULTURAS PARA RECUPERAÇÃO DE ATRIBUTOS
FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS DO SOLO NA CULTURA DA BATATA"

PIRACICABA
Estado de São Paulo – Brasil
Agosto / 2007

PARCEIROS E APOIO DO PROJETO

O projeto Paces, nasceu com o objetivo de contribuir para a agricultura tropical. No desenvolvimento de suas atividades, seria impossível o início do projeto sem os parceiros de entidades privadas. Essas, compartilham uma missão semelhante ao do projeto e nos ensinaram e ofereceram a oportunidade de aprender e viver a realidade do campo e formar profissionais com grandes objetivos, aptos a contribuir para o progresso da agricultura e do país. Aos parceiros e apoio, seremos sempre grato e esperamos que cada vez mais seja acumulado histórias de sucesso e felicidade.



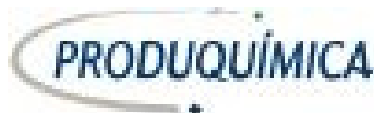
Grupo Nascente



WOLF SEEDS
do BRASIL



BÜNGE



ITAPUA FERTILIZA ITAFORTE

Autor do relatório:
Eng. Agr. Carlos Francisco Ragassi

Equipe de agosto de 2007:

Alunos graduação e pós-graduação
Eng. Agr. Carlos F. Ragassi
Ac. Eugenio Beltrame Neto
Ac. Vitor Hiramatsu
Ac. Fabio Akio Shiraishi
Ac. Karen Nize Sobral de Lima
Ac. Tadeu Ruzza Barreto
Ac. Henry Sako
Ac. Renata Rossin
Ac. Eduardo Gentile

Colaboradores
Prof. Dr. Moacyr Corsi, Prof. Dr. Paulo César Tavares de Melo,
Prof. Dr. José Laercio Favarin
Prof. Dr. Tsuioshi Yamada, Prof. Dr. Sérgio Batista Alves e
Prof. Dr. Hasime Tokeshi

I. INTRODUÇÃO

O sistema atual de produção de batata no Brasil não proporciona à cultura condições próximas à de um ecossistema preservado, sendo essa a causa da sua produção nômade, ou seja, que obriga o produtor a mudar a plantação de área a cada ano. A necessidade de mudar de área se deve, principalmente, às doenças de solo, conseqüência do cultivo mal conduzido, e leva à contínua abertura de novas áreas ou desalojamento de outras culturas. Diversos estudos mostram que a restauração das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo permite que as culturas se desenvolvam de modo equilibrado com o ecossistema, apresentando baixa incidência de pragas e doenças (TOKESHI, et al., 1997; LABUSCHAGNE e JOUBERT, 2006). Com longo tempo de pousio, a natureza restabelece o equilíbrio dos solos degradados, no entanto, não é possível ao produtor deixar uma terra parada durante um período tão grande. Com base no problema descrito, a sucessão pasto-batata, dentro do sistema Mafes visa acelerar a recuperação dos atributos físico-químico-biológicos do solo e promover à cultura da batata um solo sem restrições que impeçam o seu cultivo anual na mesma área.

Na busca de um sistema de produção sustentável, deve-se entender que as áreas cultivadas fazem parte do ecossistema, sendo necessária uma visão holística, que envolva a planta, os microrganismos associados e os atributos do ambiente (clima e solo).

Quando um ecossistema natural é danificado, ou simplificado, como no caso da atividade agrícola, a natureza utiliza espécies primárias, que são suas ferramentas para recuperá-lo. Espécies primárias são, em geral, as pragas, doenças e plantas daninhas, que possuem em comum alta capacidade de reprodução e dispersão, dando início à restauração do ecossistema natural. Quanto mais agressiva é a atividade humana sobre o sistema, mais intensa é a resposta da natureza, povoando a área com espécies primárias. Dessa forma, uma quantidade de insumos cada vez maior será necessária para que o sistema continue a cumprir as metas estabelecidas pelo homem.

Da mesma forma, quando os mecanismos naturais de ciclagem de nutrientes são desligados pelo fornecimento do fertilizante solúvel e pela degradação do ambiente do solo, a produção agrícola se torna menos eficiente energeticamente, perdendo a rentabilidade ao longo do tempo.

Assim, para atender a demanda por alimentos da crescente população humana, a atividade agrícola deve aumentar progressivamente a sua eficiência, a partir da compreensão dos fundamentos dos ecossistemas naturais. Para isso, o homem deve projetar sistemas de produção que conservem as propriedades e os mecanismos biológicos do sistema natural.

2.. OBJETIVO

Avaliar o efeito de diferentes doses de fósforo aplicadas na semeadura de três espécies forrageiras (consórcio milho x *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, *Braquiaria brizantha* cv. Marandu e *Panicum maximum* cv. Tanzânia) sobre parâmetros da parte aérea e desenvolvimento radicular, bem como os efeitos dessas características sobre o crescimento, produtividade e sanidade da batateira (*Solanum tuberosum* L. spp. *tuberosum*), cultivada em sucessão. Serão avaliados quatro anos de plantio sucessivo, almejando-se obter tratamentos com índices crescentes de produtividade, qualidade dos tubérculos e melhoria dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Danos da agricultura ao solo e alternativas conservacionistas

O tráfego de máquinas em operações como de preparo, semeadura, tratos culturais, colheita e transporte, resulta em compactação do solo, comumente detectada em áreas cultivadas. A compactação pode ocorrer tanto na superfície quanto no subsolo, com aumento da resistência à penetração de raízes e redução da aeração com reflexos diretos no crescimento radicular. As condições físicas do solo exercem importante papel no crescimento radicular, pois, da mesma forma que a barreira química, as raízes de plantas que crescem em solos com impedimento de ordem física, como a compactação, apresentam

modificações morfológicas (THOMPSON et al., 1987), que resultam no aumento da espessura do córtex, reduzindo a sua superfície, o que interfere na absorção de água e nutrientes (BARLEY, 1976; TAYLOR e BRAR, 1991; BENGOUGH et al., 1997), prejudicando o vigor e o rendimento (RUSANOV, 1991).

O sistema radicular das culturas apresenta diferentes graus de tolerância à compactação, porém, de maneira generalizada, as plantas respondem a valores críticos, acima dos quais restringem seu crescimento (LAPEN et al., 2001; RADFORD et al., 2001). No geral, valores de resistência a penetração maiores que 2 MPa têm sido considerados fortemente restritivos ao crescimento das raízes e das plantas (TARDIEU, 1994).

De acordo com Labuschagne e Joubert (2006), solos compactados apresentam condições desfavoráveis para o crescimento radicular, pois, o aumento da resistência à penetração reduz o número de macroporos, os quais são mais rígidos. Apresentam, também, drenagem reduzida (GUPTA et al., 1989), deficiente capacidade de troca de gases e menos oxigênio chega à superfície das raízes.

Os poros do solo são classificados em termos de diâmetro em macroporos, mesoporos e microporos. Em geral, a dimensão de 30 μ m de raio é considerada como o limite entre a macro e a microporosidade (BREWER, 1976). 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 chamados de poros capilares, atuam no armazenamento da água. Nestes poros, a água se move, mas muito vagorosamente (KOOREVAAR et al., 1983).

De acordo com Xu et al. (1992), porosidade com ar de 10% é o mínimo necessário para a difusão de O₂ até às raízes, de maneira que a redução no volume de macroporos reduz a difusão de O₂ no solo.

Um perfil bem drenado internamente garante, regra geral, boa aeração do sistema radicular, pois, se forem volumosos os macroporos com ar, o processo de difusão de gases no solo é facilitado (OTTONI FILHO, 2003).

A realização de um preparo de solo baseado em revolvimento com arado e destruição dos agregados do solo em área total, de acordo com Tokeshi et al. (1997), facilita a formação de uma camada adensada abaixo da camada arável. Intensa desestruturação do solo e a subsequente movimentação vertical de argilas, seguida de deposição na sub-superfície, provoca a formação de camada compactada logo abaixo da camada arável (CARVALHO JÚNIOR, 1995). Como essa camada possui menor permeabilidade, além de tornar o solo mais suscetível à erosão, proporciona o acúmulo de água na região das raízes, formando um ambiente redutor, com possibilidade de profundas alterações químicas (BRADY, 1979; PRIMAVESI, 2002; VEPRASKAS e WAGGER, 1990).

O encharcamento é uma conseqüência comum do preparo de solo convencional e a permeabilidade é mais dificilmente recuperada quando a atividade biológica do solo é baixa, o que ocorre nos sistemas convencionais com aplicação intensiva de fertilizantes e defensivos (TOKESHI et al., 1997).

Há relatos diversos de ocorrência severa de podridões radiculares, como resultado da compactação e o conseqüente encharcamento do solo (WILCOX e MIRCETICH, 1979; ZENTMEYER, 1980; JOUBERT, 1993; JOUBERT e LABUSCHAGNE, 1998). O encharcamento resulta em privação de oxigênio e acúmulo de substâncias tóxicas dentro e ao redor das raízes. Mesmo um curto período de privação de oxigênio pode causar danos severos às raízes (LABUSCHAGNE e JOUBERT, 2006). Além disso, condições prolongadas de alta umidade, que ocorrem comumente em solos compactados após chuva ou irrigação, reduzem a respiração da planta (LAMBERS, 1988) e aumentam a exsudação radicular (SMUKER e ERICKSON, 1987), para compensar as condições adversas (LABUSCHAGNE e JOUBERT, 2006).

A existência de solo nessas condições provoca a reação da natureza, como exemplo pode ser citado o caso em que as raízes, em estado de

anaerobiose, associado à camada com alta resistência à penetração, aumentam a produção de exsudatos (BARBER e GUNN, 1974), os quais estimulam a atividade dos organismos primários da natureza, em particular o *Phytophthora* spp., que é atraído às raízes (KEW e ZENTMEYER, 1973), com a finalidade de recompor o ecossistema natural, a partir do consumo das plantas cultivadas pelo homem.

A reação do produtor, normalmente, é o combate a esses organismos indesejáveis, utilizando de forma crescente os defensivos químicos. No entanto, ao longo do tempo, esse método passa a ser economicamente inviável, porque atua nos efeitos e não na causa. A estratégia adequada seria utilizar métodos que tornem o solo um ambiente favorável para sua biota. Sendo assim, os organismos que o homem não deseja, embora presentes, não desempenharão a sua função de atacar a obra humana, para reconstruir o ecossistema natural.

Essa condição do solo, em que a doença não ocorre, embora os organismos patogênicos estejam presentes em quantidade suficiente, ou até maior que a quantidade normalmente necessária para que ocorra, é conhecida como supressividade (ALABOUVETTE, 1999; SHIOMI et al., 1999). Um solo supressivo é aquele que, por apresentar condições próximas às naturais, além de não proporcionar aos patógenos condições para o seu desenvolvimento, apresentam uma grande atividade biológica, com grande biodiversidade e, dentro dessa biodiversidade, incluem-se diversos organismos antagonistas aos patógenos. A soma dessas condições faz com que a doença não ocorra, embora as estruturas de sobrevivência do patógeno estejam presentes, frequentemente em números até maiores que o necessário para causar doença nos solos sob agricultura convencional.

Nos solos supressivos observa-se que a incidência de doença é baixa mesmo quando o patógeno é introduzido, a planta é suscetível e há condições climáticas favoráveis à expressão da doença (ALABOUVETTE, 1999).

Solos supressivos a doenças causadas por diversos fungos, bactérias e nematóides foram descritos (COOK e BAKER, 1983; SCHNEIDER, 1982;

SCHIPPERS, 1992), os quais controlaram podridão radicular e murchas causadas por *Aphanomyces euteiches*, *Cylindrocladium* sp., *Fusarium oxysporum*, *Gaeumannomyces graminis*, *Pythium* spp., *Phytophthora* spp., *Rhizoctonia solani*, *Ralstonia solanacearum*, *Streptomyces scabies*, *Verticillium dahliae* e *Thielaviopsis basicola*. Essa grande diversidade de exemplos mostra que a supressividade não é um fenômeno isolado, razão porque se pode afirmar que todo solo tem algum potencial de supressividade (ALABOUVETTE, 1999).

Estudos sobre a supressão de doenças mostram que muitos mecanismos diferentes contribuem para o controle de doenças. No entanto, os solos supressivos apresentam diversas propriedades em comum que demonstram que a supressividade é fundamentalmente de origem microbiológica. Dessa forma, a capacidade supressiva é perdida sob tratamentos biocidas e pode ser restaurada se for misturada uma pequena quantidade de solo supressivo a um solo previamente esterilizado por calor (SHIPTON et al., 1973; LOUVET et al., 1976; SCHER e BAKER, 1980).

Cada solo apresenta um potencial para a supressão de doenças. Dessa forma, os métodos para promover a supressividade de um solo devem se basear em práticas culturais (ALABOUVETTE, 1999).

A aplicação de compostos orgânicos pode controlar algumas doenças de solo (LUMSDEN et al., 1983), como o exemplo da utilização de matéria orgânica para controlar a podridão radicular de *Phytophthora* em abacate na Austrália, a qual se baseia na incorporação de grandes quantidades de matéria orgânica para reproduzir o ambiente dos solos naturalmente supressivos existentes na floresta tropical (COOK, 1982).

A supressividade do solo envolve grande complexidade de mecanismos e diversos grupos de microrganismos antagonistas são responsáveis pela supressão de uma doença. Dessa forma, o controle biológico baseado na aplicação de uma linhagem antagonista não é consistente, sendo, os bons resultados, conseguidos quando busca-se reproduzir a complexidade de

mecanismos que operam na natureza, manejando-se os fatores ambientais que promovem o antagonismo microbiológico (ALABOUVETTE, 1999).

No trabalho de Guini e Zaroni (2001) comparou-se, em laboratório, o crescimento micelial de *Rhizoctonia solani* em um solo, colhido de áreas com 12 diferentes coberturas vegetais. As análises estatísticas agruparam os tratamentos conforme o crescimento micelial observado, apresentando, de forma crescente, os grupos: a) pasto e pousio; b) mata e batata; c) couve-flor, goiaba tomate e feijão; d) cana, milho, café e solo arado. Dessa forma, verificou-se que o pasto e o pousio, seguidos da mata, acarretaram solos mais supressivos, ao passo que a cana, o milho, o café e o solo arado acarretaram solos mais conducentes. De acordo com os autores, tal resultado pode estar associado ao sistema de cultivo e ao tempo de permanência de cada cultura no campo, haja visto que, segundo Schneider (1982), solos supressivos são comuns em ambientes ecologicamente balanceados de ecossistemas em clímax, nos quais os constituintes físico-químicos e microbianos do solo demoraram vários anos para se estabilizar.

Em outras palavras, pode-se dizer que, se o ambiente não está degradado, não é necessário que a natureza utilize as espécies primárias. Dessa forma, elas ficam presentes, na forma latente, até o primeiro sinal de degradação, quando entram em atividade intensa de consumo e reprodução, aumentando a sua população até que o sistema presente se extingue.

Com base nas idéias conservacionistas, em vez de preparar excessivamente o solo, o homem passaria a se preocupar em mantê-lo o mais parecido possível com o do ecossistema natural. Dessa forma, as atividades se destinariam a incentivar ao máximo a sua atividade biológica, de forma a reconstruir e manter as suas características físicas naturais, baseadas na agregação de suas partículas. Os benefícios de um solo bem agregado são inúmeros, como a diminuição da erosão, pois, as partículas mais fortemente ligadas entre si, dificultam a sua dispersão pelas gotas de chuva e pelo vento e a

infiltração de água é consideravelmente maior, inibindo a formação de enxurradas (MAZURAK e MOSHER, 1970; TOKESHI, et al., 1997).

A macroporosidade aumenta com a agregação do solo e com o tamanho dos agregados (BAVER, GARDNER e GARDNER, 1972). Dessa forma, a formação e a estabilidade de agregados são objetivos a serem alcançados quando se busca a recuperação e a conservação de solos.

Os agregados, uma vez formados no solo, rapidamente desapareceriam se não fossem estabilizados (MARTIN et al., 1955), o que depende da atividade dos microrganismos do solo (MOLOPE et al., 1987).

Nos processos de formação e estabilização dos agregados, são envolvidas substâncias que agem na agregação e na estabilização, sendo, principalmente: argila, sílica coloidal, compostos orgânicos, metais polivalentes, carbonato de cálcio, óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, exsudatos orgânicos e substâncias orgânicas provenientes da ação dos microrganismos (SILVA e MIELNICZUK, 1997b). Tisdall (1994), em ampla revisão, resume que em muitos solos, raízes e hifas de fungos, especialmente as de micorriza vesicular arbuscular, estabilizam macroagregados (diâmetro maior que 250 μ m). O autor assinala que fungos saprófitos também podem estabilizar macroagregados, sendo algumas espécies mais eficientes que outras. Tisdall e Oades (1982) explicam que os agregados de diâmetro superior a 2,0 mm, estáveis em água, consistem em agregados e partículas mantidos juntos principalmente pela fina rede de raízes e hifas, nos casos dos solos com teores de carbono elevado e, em solos com baixo conteúdo de carbono orgânico (< 10 g kg⁻¹), somente pelos agentes ligantes transitórios.

As raízes produzem agregação estável mediante o suprimento de resíduos orgânicos para a decomposição (OADES, 1978), exsudações de substâncias orgânicas, envolvimento físico de microagregados do solo, especialmente no caso das gramíneas (TISDALL e OADES, 1979) e mediante a reorientação e a aproximação de partículas e microagregados por dessecações localizadas (BRADFIELD, 1937; OADES, 1978).

A perda total de matéria orgânica para o solo por secreção, vazamento, autólise e descamação de células radiculares tem sido calculada entre 20 e 80% do peso seco das raízes. Os materiais liberados incluem substâncias de crescimento, aminoácidos, açúcares simples, ácidos orgânicos e sacarídeos. Todos esses materiais são liberados dentro da rizosfera e são assimilados ou modificados por muitos microrganismos vivendo na zona das raízes. Esses produtos das raízes associados a população microbiana são importantes para a estrutura do solo e sua estabilidade, sendo constituídos geralmente de polissacarídeos (GOSS, 1987).

O efeito agregador direto das raízes na granulação do solo é primeiramente baseada na pressão exercida pelo crescimento destas, a qual efetua uma separação das partículas adjacentes à raiz e uma pressão, junto dessas unidades, nos agregados (BAVER, 1940). Rizzo (2000), em outras palavras explica que cada pelo radicular que penetra num torrão introduz um ponto de fraqueza nesse. A penetração abundante de pelos radiculares ou raízes através do torrão causa a formação de grânulos. A granulação é acompanhada por mudanças na umidade próxima do sistema radicular, como resultado da entrada de água na planta. Isso produz desidratação localizada, a qual leva à contração e à formação do agregado.

Dados de estabilidade de agregados altamente correlacionados com o teor de carbono orgânico no solo em áreas sob mata e sob cultivo foram obtidos por (SILVA e MIELNICZUK, 1997b). No entanto, em áreas com gramíneas perenes, o teor de carbono orgânico não foi suficiente para explicar a elevada quantidade e estabilidade de agregados, indicando que outro fator, além do teor de matéria orgânica, foi responsável pela boa agregação e estabilidade dos agregados. Outros trabalhos enfatizam a ação das raízes das plantas na formação e estabilização dos agregados do solo (BRADFIELD, 1937, TISDALL e OADES, 1979), entretanto, muitos pesquisadores têm destacado que, dentro do universo de plantas, as gramíneas perenes têm exercido maiores benefícios (BRADFIELD, 1937; TISDALL e OADES, 1979; CARPENEDO e MIELNICZUK,

1990; PALADINI e MIELNICZUK, 1991; RIZZO, 2000). Esses efeitos benéficos são atribuídos, principalmente, à alta densidade de raízes, que promove a aproximação de partículas pela constante absorção de água do perfil do solo, às periódicas renovações do sistema radicular e à uniforme distribuição dos exsudatos no solo, que estimulam a atividade microbiana, cujos subprodutos atuam na formação e estabilização dos agregados.

Na implantação do plantio direto, muitos agricultores simplesmente deixam de revolver o solo, sem uma avaliação adequada da área, por isso, algumas áreas permanecem muito tempo com as limitações herdadas do sistema convencional, continuando a apresentar os mesmos problemas. Dessa forma, recomenda-se que, antes da adoção do sistema de plantio direto, extinguindo-se as intervenções mecânicas, sejam adotadas práticas que recuperem as condições físicas, químicas e biológicas do solo.

A agricultura não pode conservar os ecossistemas naturais, mas ela pode tentar instalar ecossistemas simplificados adequados aos trópicos, utilizando-se métodos que mantenham o máximo de diversidade biológica (PRIMAVESI, 2006). De acordo com a autora, cada tipo de agricultura é uma agressão ao ambiente, mas essa agressão pode variar entre mínima a catastrófica. Uma transição suave da agricultura convencional para uma agricultura mais ecológica cria possibilidade de todos participarem e lucrarem, sendo que o primeiro passo é a recuperação dos solos, especialmente pelo uso correto e suficiente da matéria orgânica. Nem na agricultura convencional nem na natural pode-se trabalhar com solos decaídos e que evitam a penetração da água.

3.2 Cultura da batata

Segundo a FAO (www.fao.org), a batata é fundamental para a segurança alimentar de centenas de milhões de pessoas nos países em desenvolvimento, onde o consumo per capita anual cresceu de 9 kg na década de 60 para 21 kg em 2006. Enquanto a produção de batata reduziu na Europa, seu crescimento tem

sido tão alto nos países em desenvolvimento que a produção global praticamente dobrou nos últimos 20 anos. Ainda, a FAO afirma que o aumento na área de produção da batata nos países em desenvolvimento ultrapassou o aumento de todas as outras commodities alimentares e, em 2020, espera-se que a demanda de batata seja o dobro em comparação a 1993.

O centro de origem da cultura da batata (*Solanum tuberosum* L. spp. *tuberosum*) situa-se na região dos Andes, do sul do Peru ao norte da Bolívia. Os exploradores espanhóis a levaram para a Europa e desenvolveram adaptações climáticas na planta, gerando as espécies e o manejo agrícola conhecido atualmente (PEREIRA e DANIELS, 2003).

A introdução da cultura da batata no Brasil implicou na importação de práticas agrícolas adotadas nesses países de clima temperado. No preparo de solo, o arado e a grade foram as práticas agrícolas amplamente utilizadas nesses países, e com a imigração europeia, foram os implementos trazidos para o preparo dos solos brasileiros. Ao longo do tempo, observou-se que este preparo de solo prejudicava a qualidade física do solo sob condições de clima tropical, o que instigou produtores e agrônomos a discutir seu fundamento. O arado é um implemento que revolve o solo, expondo-o à radiação solar e contribui para o aumento da temperatura. Em solos de clima temperado é importante a rápida elevação da temperatura para possibilitar a semeadura, caso contrário, corre-se o risco da planta não conseguir completar o seu ciclo. Contudo, a elevação da temperatura no preparo do solo em clima tropical contribui para o aumento das perdas de água do solo, além de aumentar o desequilíbrio do *edafon*, incrementar a degradação da matéria orgânica e prejudicar a estrutura do solo.

O ciclo cultural da batata na condição tropical e subtropical atinge 90 a 110 dias, dependendo da cultivar (PEREIRA e DANIELS, 2003). Dentro deste período, a planta pode produzir 40 t/ha de tubérculos, e chega a alocar por dia 1.000 kg . ha⁻¹ . dia⁻¹ de biomassa de tubérculos (VITTI et al., 2002). A alta produção de biomassa vegetal dentro do solo leva a uma alta demanda de oxigênio, água e nutrientes para realizar a manutenção do metabolismo vegetal.

O processo de absorção de nutrientes se dá de forma ativa, necessitando do consumo de energia, e a maior fonte de energia em células não fotossintetizantes, como as células das raízes, é a respiração. Portanto, todos os fatores que afetam a respiração poderão influenciar a absorção ativa de nutrientes pela célula. Dentre os fatores que afetam a respiração da célula, podemos citar a temperatura, o teor de carboidrato e o fornecimento de O₂ para ela (MARSCHNER, 1995). Labanauska (1966) verificou que o baixo fornecimento de oxigênio para as raízes diminuía a quantidade total de N, P, K, Ca, Mg, Cl, Zn, Cu, Mn, B e Fe nos tecidos da planta.

Um experimento de campo, em Ohio (EUA), mostrou que a batata se desenvolve bem em solos excepcionalmente porosos (BUSHNELL, 1956), sugerindo que esse possui um fornecimento adequado de O₂ para o desenvolvimento da planta. Solos com aeração limitada prejudicam o crescimento das raízes e a produtividade final de tubérculos. A taxa de difusão de oxigênio crítica para a cultura da batata está acima do valor médio encontrado para outras culturas (JACKSON 1962; WENGEL, 1966; SOJKA, 1985; DASBERG et al., 1970). Bushnell (1956) cita que o consumo de oxigênio pelas raízes de batata é de 6,7 a 12 ml . h⁻¹. g⁻¹ de raiz seca, sendo que este valor é de 5 a 100 vezes maior em relação às outras plantas.

A batata é uma das principais hortaliças cultivadas no Brasil, com área plantada em torno de 200.000 ha por ano. Um dos fatores determinantes da sua produção é o preparo de solo que, via de regra, é constituído por diversas operações (DIAS, 1993). O preparo inicia, normalmente, com uma aração e/ou escarificação e mais duas gradeações. As operações seguintes são o plantio e a amontoa, feitos de forma mecanizada, semi-mecanizada ou, menos comumente com tração animal; muitas pulverizações de defensivos e, finalmente, as operações de colheita manual ou semi-mecanizada e de transporte (FIOREZE, 2005).

Sob o aspecto ambiental, o modo convencional de produção de batata pode ser considerado junto com tomate, maçã, uva e outras hortícolas, como

um dos sistemas agrícolas mais agressivos ao ambiente e ao homem (FIOREZE, 2005). Em média, no Brasil, os produtores de batata fazem de 10 a 25 aplicações de defensivos e aplicam 2.811 kg ha⁻¹ de adubo mineral, de acordo com a Associação Brasileira da Batata (www.abbabatatabrasileira.com.br). Os defensivos, grandemente empregados na bataticultura, compreendem inseticidas no sulco de plantio ou na parte aérea durante o ciclo vegetativo; herbicidas pré e pós-emergentes e dessecantes; fungicidas preventivos e sistêmicos e, às vezes, bactericidas e bacteriostáticos (FIOREZE, 2005). Além disso, o cultivo da batata é, frequentemente, feito em solo de moderada a alta declividade, que, sendo intensamente preparado, pode ser erodido. Neste caso, as taxas de infiltração de água ficam reduzidas, dificultando a obtenção de altas produtividades (OLIVEIRA, 2003).

Para o controle das doenças de solo da batata, como murcha bacteriana (*Pseudomonas solanacearum* (Smith) Dows), rizoctoniose (*Pellicularia filamentosa* (Pat) Rogers – fase perfeita e *Rhizoctonia solani* Kuhn – fase imperfeita), podridão mole, canela preta e talo-oco (*Erwinia carotovora* (Jones) Holland), sarna comum (*Streptomyces scabies* (Thaxt) Waks Henrici), assim como de nematóides (*Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood, *M. javanica* (Treub) Chitwood, *Pratylenchus brachyurus* (Godfrey) Goodey), recomenda-se a rotação de culturas, principalmente com gramíneas (TOKESHI e BERGAMIN FILHO, 1980).

Plantios contínuos de batata têm resultado em 58% das plantas apresentando lesões no caule causadas por *Rizoctonia solani*, em contraste com um índice variável entre 12 a 22% em sistemas de rotação de culturas (HONEYCUTT et al., 1996). No caso da rizoctoniose, o tempo de rotação necessário para se voltar a cultivar esta solanácea chega a quatro anos (TOKESHI e BERGAMIN FILHO, 1980). Dessa forma, a impossibilidade de se cultivar a batata sucessivamente na mesma área motiva o contínuo deslocamento da cultura, sempre à procura de solos não cultivados e livres de patógenos, fazendo da bataticultura uma cultura nômade e, com o passar do

tempo, são abandonados solos degradados fisicamente, quimicamente e biologicamente.

3.3 Propostas para a recuperação e produção com menores danos ao solo

3.3.1 Rompimento das camadas de impedimento físico

Quando o solo apresenta camadas compactadas abaixo de 30 cm, o método mecânico empregado deve ser o da subsolagem (RIZZO, 2000). O cultivo profundo é empregado como um meio de reduzir problemas físicos e, conseqüentemente, biológicos que criam condições inadequadas de solo. Dessa forma, espera-se que o cultivo profundo promova a aeração e a drenagem, assim como reduza a população de determinados patógenos de solo, promovendo a sua sanidade (LABUSCHAGNE e JOUBERT, 2006).

A descompactação do solo utilizando implementos de hastes, que produzem superfícies mais rugosas que os implementos de discos, como as grades aradoras, tem por objetivo aumentar a porosidade, reduzir a densidade e, ao mesmo tempo, romper as camadas superficiais encrostadas e camadas subsuperficiais compactadas (KOCHHANN e DENARDIN, 2000).

O conceito de “cultivo preciso” foi desenvolvido na Califórnia por Stockton et al. (1962), Carter et al. (1965) e Carter e Tavernetti (1968), e consiste em cultivo de 50 a 60 cm de profundidade precisamente abaixo da linha de plantio, conseguindo aumentos substanciais no rendimento da cultura do algodão, superiores aos obtidos com cultivo profundo não posicionado abaixo da linha de plantio (BISHOP e GRIMES, 1978).

A remoção do impedimento físico do solo resulta em aumento no crescimento e na proliferação radicular e, como conseqüência, o sistema radicular se torna capaz de explorar um maior volume de solo, o que proporciona um aumento no crescimento e na produtividade. Contudo, o papel dos microrganismos do solo nesse aumento após o cultivo profundo deve, também, ser considerado, podendo-se esperar uma modificação da microflora

dos solos cultivados profundamente, devido à maior aeração (LABUSCHAGNE e JOUBERT, 2006).

Apesar dos efeitos positivos da descompactação mecânica do solo, existem evidências de que estes efeitos são de curta duração. Por exemplo, Busscher et al. (1995, 2002) constataram que o efeito da subsolagem é temporário, uma vez que a reconsolidação do solo aumenta com o volume cumulativo de precipitações. Segundo esses autores, em solos estruturados, a reconsolidação pode ser influenciada pela dinâmica da água no espaço poroso inter e intra-agregados e pode ser afetada também pelo selamento superficial ou pela estabilidade estrutural que pode modificar a quantidade de água que infiltra no solo.

Dessa forma, é essencial a associação dos métodos mecânicos aos métodos vegetativos. Os métodos mecânicos promovem o cisalhamento e a quebra das camadas compactadas, já os métodos vegetativos envolvem uma complexa relação entre as raízes, micro e meso fauna, resultando em produtos variados, reagregados (RIZZO, 2000). Dessa forma, enquanto os métodos mecânicos rompem as camadas de impedimento, os vegetativos vão proporcionar a sua estruturação, dificultando o readensamento. Além disso, os sistemas radiculares profundos e agressivos complementam a ação mecânica do implemento, crescendo em camadas de solo compactado (ABREU, et al., 2004), principalmente pelo uso de gramíneas (RIZZO, 2000).

No trabalho de Tormenta, et al. (2004), avaliações de produtividade da cultura da soja na safra 2002/03 indicaram maior produtividade no sistema de plantio direto, ainda que o solo apresentasse maior densidade e resistência a penetração na camada de 0 – 0,20 m. A presença das culturas de aveia preta e nabo forrageiro no plantio direto pode influenciar positivamente a qualidade física do solo, pelo fato de as raízes crescerem em profundidade e em camadas de maior compactação do solo, como revelam os resultados obtidos por Tormena e Roloff (1996) e por Muller et al. (2001). Neste sentido, a bioporosidade do solo sob plantio direto, analisada com rotação de culturas

planejada, resultante da formação de canais contínuos ao longo do perfil, possibilita o crescimento radicular numa matriz mais densa. Os resultados obtidos por Ehlers et al. (1983) indicam que os bioporos possibilitam o crescimento das raízes em solos mais compactados. Além disso, estes bioporos podem criar condições de acesso das raízes à água armazenada nas camadas subsuperficiais.

Na cultura da batata, em diversos trabalhos, relata-se aumento na qualidade e rendimento conseguido com o alívio da compactação do solo (FLOCKER et al., 1960; ROSS, 1986; PARKER et al., 1989). Bishop e Grimes (1978) conseguiram um aumento de produção de 10% de tubérculos realizando subsolagem a 60 cm de profundidade. De acordo com os autores, a redução da resistência a penetração do solo promoveu o crescimento radicular abaixo de 30 cm chegando abaixo da camada trabalhada pelo implemento.

3.3.2 Tráfego dirigido

O tráfego dirigido tem sido considerado como uma ferramenta promissora para minimizar a compactação do solo. Esse sistema restringe o trânsito do rodado a determinadas ruas, diminuindo a compactação e, potencialmente, promovendo o desenvolvimento da cultura (YOUNG, et al., 1993). Aumento do rendimento de cereais, batata e gramíneas tem sido conseguidos utilizando esse sistema (CARTER et al., 1988; CHAMEN et al., 1988; DICKSON et al., 1992; DOUGLAS et al., 1992).

Utilizando tráfego dirigido, Dickson et al. (1992) conseguiram um rendimento na produção de batata 18% maior em comparação ao sistema convencional o que, segundo os autores, foi devido à maior porosidade do solo ao ar nas épocas úmidas e menor resistência à penetração nas épocas secas. Durante a colheita, o sistema convencional produziu 34% mais torrões. Em outras avaliações, nesse mesmo experimento, a área foliar e a massa seca de folhas, caules e tubérculos foram consistentemente maiores no tráfego dirigido (YOUNG et al., 1993). Os autores também encontraram interceptação de

radiação 5% maior pelas plantas no tráfego dirigido em comparação ao convencional estando, esses parâmetros, relacionados ao aumento da produtividade.

Um dos importantes benefícios do tráfego dirigido é o incremento do número de dias em que o solo está apto para ser trabalhado. De acordo com Young, et al. (1993), durante o período de seu trabalho, as condições físicas do solo no sistema de tráfego dirigido permitiu o início das atividades mecanizadas cinco dias antes em comparação ao sistema convencional, embora o solo sob tráfego dirigido se apresentasse mais úmido. Isso é de considerável importância, pois permite estender a estação de crescimento da planta (YOUNG, et al., 1993).

Dessa forma, espera-se que o preparo preciso e/ou tráfego dirigido, eliminando a compactação na área de atuação das raízes, proporcione melhores condições de crescimento de toda a planta e possibilite um aumento de produtividade, qualidade e sustentabilidade do agroecossistema.

3.3.3 Correção química em profundidade

Em cana-de-açúcar, Tokeshi (1991) relata a importância da correção química em profundidade. De acordo com o autor, em solo sob vegetação de cerrado, como mostra a Figura 1, foi observado, após três meses sem chuva, a ocorrência de manchas verdes no canavial queimado pela seca. Procurando esclarecer esse fato, foram cavadas dez trincheiras nas áreas com manchas verdes (solo supostamente corrigido) e dez nas áreas secas, próximas das manchas verdes.



Figura 1. Vista aérea de canavial sofrendo seca e com manchas verdes nas áreas supostamente corrigidas (TOKESHI, 1991).

Abaixo das touceiras, foram tiradas amostras em todo o perfil para avaliação da quantidade de raízes (Figura 2).

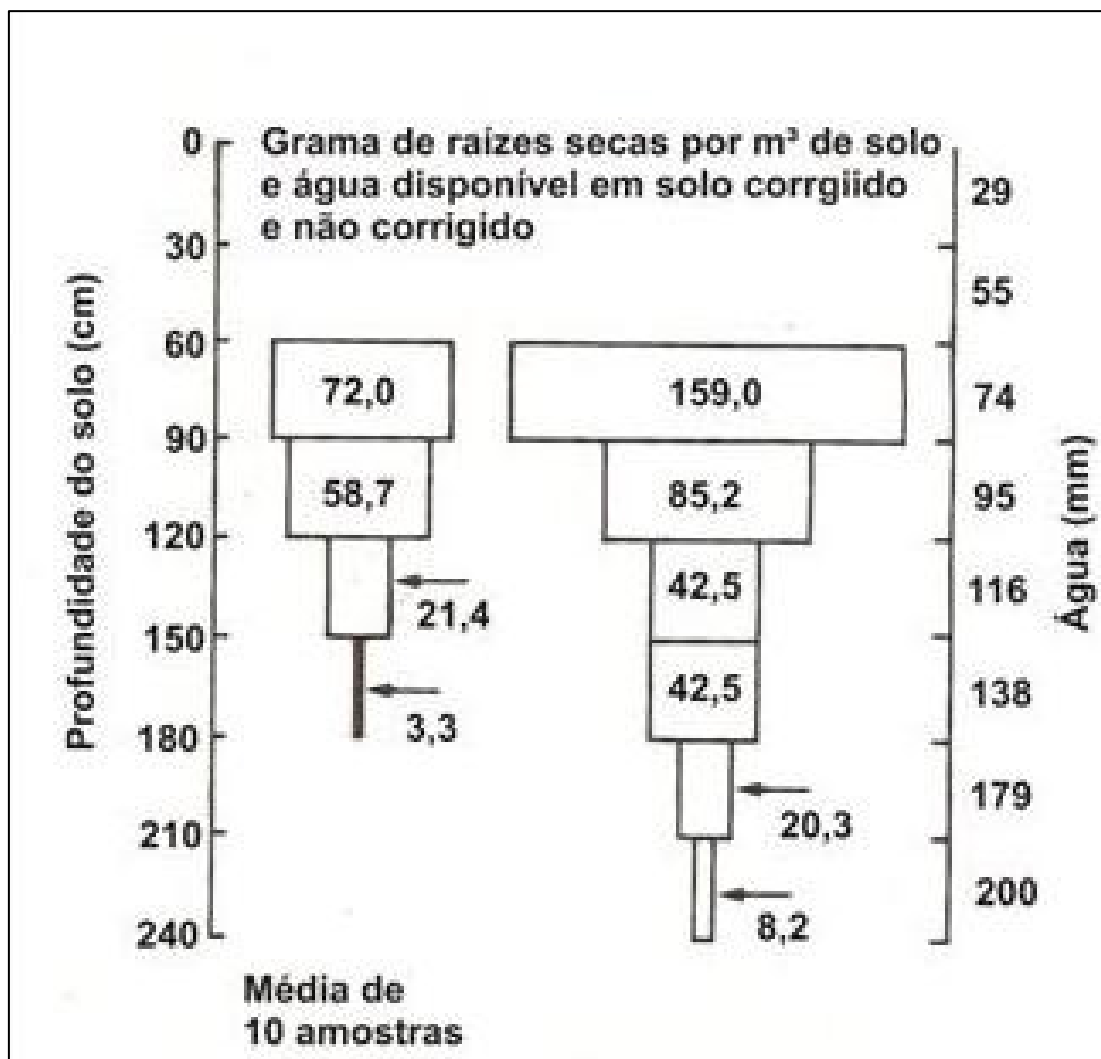


Figura 2. Peso seco de raízes de cana-de-açúcar em função da profundidade no perfil em solo de cerrado supostamente corrigido (à direita) e não corrigido (à esquerda).

Segundo o autor, nas manchas verdes foi encontrado, em todas as trincheiras, carvão vegetal proveniente da queima de restos vegetais resultante da limpeza das pastagens que antecederam o cultivo da cana, indicando que naqueles locais houve acúmulo de nutrientes provenientes das cinzas. Como conseqüência disso, a lixiviação corrigiu as deficiências desses nutrientes nas grandes profundidades, permitindo o enraizamento da cana até 240 cm, com 8,2 gramas de raízes secas por metro cúbico.

Na Figura 2, verifica-se que, na profundidade de 150 mm, os solos não corrigidos apresentavam 21,4 gramas de raízes por metro cúbico, enquanto que nos solos supostamente corrigidos, essa quantidade era de 42,5 gramas. Tokeshi

(1991) explica que o aumento na profundidade das raízes colocou à disposição da planta maior quantidade de água, sendo que até 150 cm o solo estava seco, enquanto que a 240 cm, as amostras de solo examinadas estavam plenamente moldáveis, se encontrando próximas da capacidade de campo. Dessa forma, o autor sugere que as manchas verdes da Figura 1 foram proporcionadas pela correção química em profundidade, que proporcionou maior alcance do sistema radicular, disponibilizando mais água para essas plantas.

Para a adubação do quiabo, Moyin-Jesu (2007) utilizou cinzas vegetais, cuja composição mineral está descrita na Tabela 1.

Tabela 1. Composição química das cinzas vegetais utilizadas para adubação (MOYIN-JESU, 2007).

C	N	C/N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Zn	Cu	Mn
(%)	(%)	taxa					(mg/kg)				
18	1,53	12	86	23	9,4	8,5	8,3	6,6	1,83	0,6	12,00

Em comparação à testemunha, que não recebeu adubação, a aplicação de cinzas proporcionou, no solo, maiores valores de pH, matéria orgânica, K, Ca, N(%), fósforo disponível e crescimento radicular. A produção, em kg de frutos (cápsulas) por hectare, no tratamento que recebeu cinzas foi 40 vezes superior em relação à testemunha sem adubação e representou 75,5% da produção obtida no tratamento com adubação inorgânica NPK (proporção 15-15-15). Dessa forma, fica evidente que as cinzas encontradas no trabalho de Tokeshi (1991) proporcionaram alguma correção pelo perfil do solo e, mesmo que ainda não se obtenha valores exatos da quantidade de nutrientes necessária, tem-se a indicação de que uma correção completa e balanceada pelo perfil do solo é necessária para que o crescimento radicular em profundidade seja promovido.

Com uso de uma membrana especial, que permitia a passagem da raiz, mas não permitia a passagem da solução nutritiva, Drew (1975) isolou três segmentos da raiz de uma mesma planta, colocando-os em contato com

soluções nutritivas diferentes. Dessa forma, o autor provocou condições em que a raiz encontrava falta de um nutriente no terço superior e inferior e presença de todos os nutrientes no terço médio. Foram realizados experimentos com fósforo, nitrogênio na forma de nitrato, nitrogênio na forma de amônio e potássio, obtendo os resultados da Figura 3.

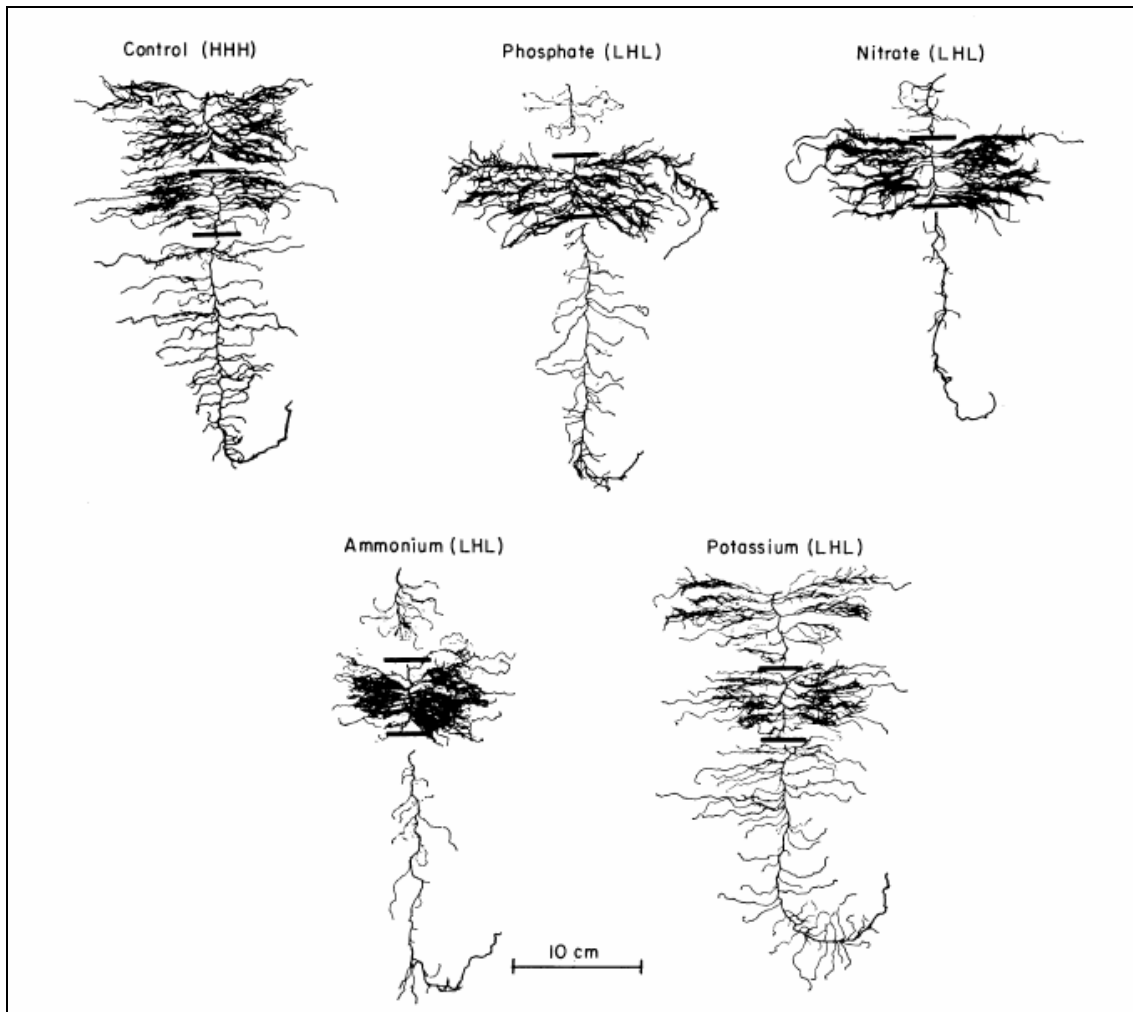


Figura 3. Efeito do suprimento localizado de fosfato, nitrato, amônio e potássio sobre a forma das raízes. A letra H (high = alto, em inglês) significa que havia nível adequado do nutriente naquela posição, enquanto a letra L (low = baixo, em inglês), indica que o teor daquele nutriente era baixo. As plantas controle (HHH) tiveram as três partes da raiz nutrida com todos os nutrientes em nível adequado. As outras raízes (LHL) receberam a solução completa de nutrientes somente na parte central. Deve-se notar a semelhança entre as plantas controle e as plantas no tratamento com nível baixo de potássio nas extremidades (DREW, 1975).

Observou-se que as raízes cresceram bem nos locais com presença de todos os nutrientes. Onde faltou fósforo ou nitrogênio, as raízes não se

desenvolveram bem, acumulando-se nas faixas onde esses nutrientes estavam disponíveis. No caso do nitrogênio, o autor considerou que a fonte do nutriente (nitrato ou amônio) não interferiu no crescimento da raiz. Para o potássio, não houve limitação do crescimento nas faixas com baixo suprimento, indicando que, por apresentar alta mobilidade dentro da planta, o nutriente foi redistribuído, chegando aos locais com baixa disponibilidade.

Os principais impedimentos que restringem a penetração de raízes no subsolo, prejudicando a absorção de água e nutrientes, são aeração deficiente, impedimentos mecânicos e acidez (MARSCHNER, 1995). No caso da acidez, os principais fatores são deficiência de cálcio e o excesso tóxico de alumínio, muito mais generalizado que a deficiência de cálcio (RAIJ, 2007).

O alumínio, elemento que ocorre de forma generalizada em solos ácidos, é o principal fator de acidez do solo a prejudicar as culturas. Sua ação se faz sentir nas raízes das plantas, que se alongam mais lentamente (RAIJ, 2007).

O cálcio possui papel fundamental no desenvolvimento radicular e, como é imóvel no floema, não se transloca das partes aéreas para as partes mais novas das raízes em desenvolvimento. É necessário, portanto, que ele esteja presente e seja absorvido da solução externa nas zonas apicais (MARSCHNER, 1995). Dessa forma, o autor ressalta que mesmo quando uma quantidade adequada de calcário é misturada apenas ao solo superficial, as raízes são severamente restringidas em sua capacidade de penetrar em subsolos ácidos.

Para as condições brasileiras, Ritchey et al. (1982) relataram que em alguns solos altamente intemperizados do Planalto Central do Brasil, os níveis de cálcio do subsolo foram insuficientes para proporcionar crescimento normal de raízes de trigo, soja e milho. Em outro trabalho, Ritchey et al. (1983) mostraram que severas restrições ao crescimento radicular das plantas foram observadas quando o teor no solo se situava nos limites da faixa de 0,2 a 0,5 mmol_c/dm³. Os autores mostraram que 1,0 a 1,5 mmol_c/kg de Ca no solo, como cloreto, fosfato ou carbonato, normalizavam o crescimento de raízes.

O trabalho de Gonzáles-Erico et al. (1979), realizado em solo de cerrado no Brasil, ilustra a importância prática da incorporação de calcário. Nesse estudo, oito toneladas por hectare de calcário incorporado a 0-15 cm teve aproximadamente o mesmo efeito na produção do que apenas 1 t/ha de calcário aplicado de 0 a 30 cm. Nota-se que, mesmo não se trabalhando com grandes profundidades no perfil do solo, as respostas obtidas já são significantes.

Em um trabalho, em regiões semi-áridas da Austrália, com incorporação de fósforo até 30 cm de profundidade, Singh, et al. (2005) concluíram que, embora a aplicação rasa de P (7 – 10 cm) no plantio, convencionalmente adotada, aparentemente seja fácil e barata, sua eficiência pode ser altamente limitada se essa camada superficial secar, o que é comum no clima tropical durante o ciclo da cultura. Segundo os autores, a localização mais profunda de P avaliada (30 cm de profundidade) proporcionou respostas consistentes no rendimento das culturas estudadas.

O sistema radicular profundo tem mais água para ser absorvida, potencializa a absorção de nutrientes e recicla os nutrientes lixiviados que estão na camada sub-superficial do solo (TOKESHI, 1991; CABRERA, 2006). De acordo com o autor, observações de campo revelam que as raízes aprofundam mais onde ocorre percolação de nutrientes no perfil do solo, que é induzida pela adubação nitrogenada (lixiviação de nitratos), gessagem e pelos ácidos orgânicos oriundos da decomposição da matéria orgânica. A percolação corrige o perfil do solo, onde o sistema radicular se desenvolve à busca destes nutrientes e, conseqüentemente, ocorre o aprofundamento das raízes.

Especificamente para citros, Cabrera (2006) afirma que para obtenção de um pomar com sistema radicular profundo é preciso adotar medidas desde a sua implantação, como, por exemplo, adubação com gesso agrícola, adubo fosfatado, micronutrientes, calcário e adubo orgânico. Em pomares já implantados, o autor recomenda adubar o sistema de produção enfatizando os nutrientes Ca, N, P, S e B.

3.3.4 Recuperação do solo com utilização de gramíneas

As gramíneas perenes de raiz profunda têm se mostrado muito valiosas para devolver a fertilidade aos solos nos trópicos através da reciclagem de nutrientes e da melhoria da estrutura e da capacidade de infiltração da água da chuva (RIZZO, 2000). A formação de estrutura de solos pela ação direta de raízes de gramíneas foi relatada por Martin (1944 apud WHITE et al. 1959), demonstrando a notável regeneração obtida na estrutura do solo com pasto de capim elefante (*Pennisetum purpureum*).

Em um experimento de longo prazo, realizado em Uganda, obteve-se importante melhora em um solo com 46% de argila, semeando-o com pasto durante três anos e sendo igualmente eficazes a cobertura de capim elefante, grama Rhodes e grama forrageira. Também, em um solo com 63% de argila, após a utilização com trinta anos de cultivo ininterrupto com café, o solo mostrou uma melhora contínua de sua estrutura durante cinco anos, quando utilizou-se consórcio com capim elefante (PEREIRA, 1953; PEREIRA, et al., 1955 apud WHITE, et. al. 1959). Os autores consideram que a captação de nutrientes em profundidade pelas gramíneas de raízes profundas e sua concentração na superfície do solo é tão importante quanto seu efeito no melhoramento da estrutura do solo, que depende muito da ação aglutinante das raízes.

Em um trabalho realizado no planalto do Rio Grande do Sul, a densidade de raízes apresentou alta correlação com a formação e estabilidade dos agregados nas áreas sob gramíneas perenes, onde a elevada densidade de raízes dessas plantas e as condições por elas desenvolvidas foram responsáveis pela melhor agregação do solo, concluindo que gramíneas perenes, dadas as peculiaridades dos mecanismos de ação do seu sistema radicular, podem ser usadas como plantas recuperadoras da estrutura do solo em áreas degradadas (SILVA e MIELNICZUCK, 1997a). Os autores atribuem os efeitos benéficos das gramíneas, principalmente, à alta densidade de raízes, que promove a aproximação de partículas pela constante absorção de água do perfil do solo; às periódicas renovações do sistema radicular e, finalmente, à uniforme

distribuição de exsudatos no solo, que estimulam a atividade microbiana, cujos subprodutos atuam na formação e estabilização dos agregados.

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).

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). 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).

Como a batata se desenvolve bem em solos excepcionalmente porosos (BUSHNELL, 1956), apresentando taxa crítica de difusão de oxigênio acima do valor médio encontrado para outras culturas (JACKSON 1962; WENGEL, 1966; SOJKA, 1985; DASBERG et al., 1970), sendo, o consumo de O₂ pelo seu sistema radicular 5 a 100 vezes superior em relação às outras plantas (BUSHNELL, 1956), espera-se que a biomassa da gramínea no solo, ao incrementar a difusão de oxigênio, satisfaça sua alta demanda pela cultura da batata.

No trabalho de Boller e Prediger (2001), observou-se que a cultura utilizada anteriormente ao plantio da batata influenciou, significativamente, a produtividade de tubérculos, obtendo-se maior produtividade com o centeio (gramínea), do que com nabo forrageiro.

3.4 Proposta de sistema de produção para possibilitar o cultivo sucessivo da batata.

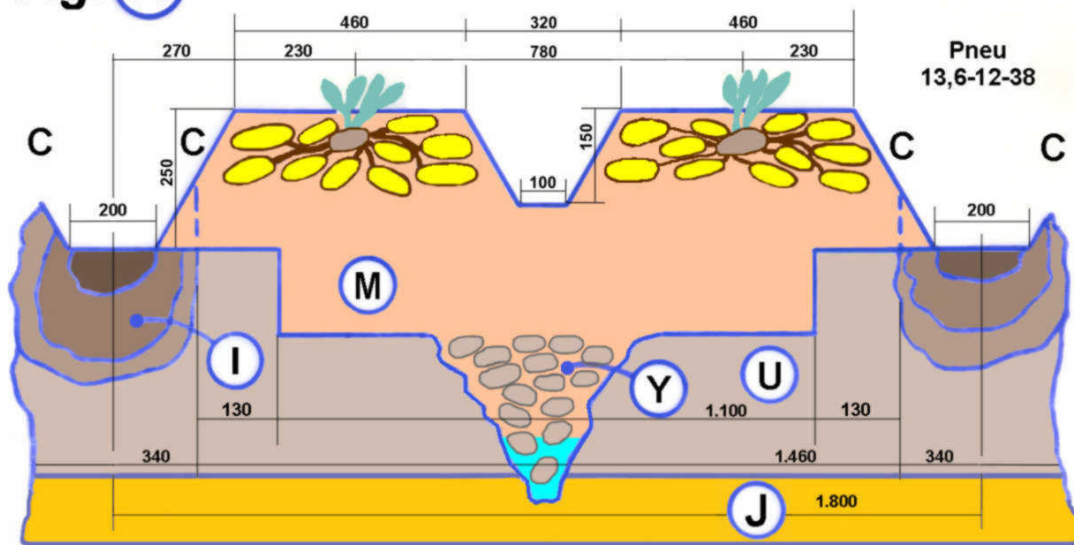
Buscando-se oferecer condições físicas, químicas e biológicas ideais para a cultura da batata, desenvolveu-se um conceito pioneiro de preparo de solo e plantio. Esse sistema foi desenvolvido durante 20 anos, chegando a uma seqüência de operações mecanizadas que consiste no uso de seis máquinas,

tráfego dirigido (YOUNG *et al.*, 1993), preparo preciso (BISHOP e GRIMES, 1978; SOJKA *et al.* 1993), correção física (LABUSCHAGNE e JOUBERT, 2006) e química em profundidade no perfil do solo (TOKESHI, 1991; CABRERA, 2006) e uso de gramíneas como cultura prévia ao cultivo da batata, especialmente as espécies de *Brachiaria* spp e as cultivares de *Panicum maximum*. Para que a agricultura, efetivamente, caminhe no sentido da sustentabilidade, é necessário que todos os componentes da cadeia produtiva estejam conscientes do caminho a ser tomado. Sendo assim, a indústria de insumos e de máquinas deve evoluir junto com o pesquisador e, conjuntamente, proporem ao produtor soluções completas e possíveis de serem adotadas.

As operações do sistema proposto iniciam-se com uma trincha, que pica de forma homogênea os restos culturais. Após picar o material vegetal sobre a superfície do solo, utiliza-se uma enxada rotativa sob alta rotação, descompactando e pré-incorporando os restos culturais a 10 cm de profundidade. Depois, uma rotativa de baixa rotação corta o solo a 40 cm de profundidade, aplicando-se os fertilizantes e corretivos. Dessa forma, incorpora-se o material orgânico da cultura anterior em maiores profundidades, sem compactar, auxiliando na não formação e na destruição dos torrões existentes (MITSUIKI, 2006). Após a operação da enxada rotativa, realiza-se uma subsolagem em profundidade no centro do canteiro com um subsolador de uma haste, que aplica fertilizantes e/ou corretivos e rompe camadas compactadas a uma profundidade de até 80 cm. Finalmente, realiza-se o plantio semi-mecanizado e, logo após o surgimento dos brotos, é realizada a amontoa. A Figura 2 esquematiza as dimensões do preparo de solo proposto em comparação ao preparo convencional.

Dimensões no Sistema Proposto

Fig. A



Dimensões no Sistema Convencional

Fig. B

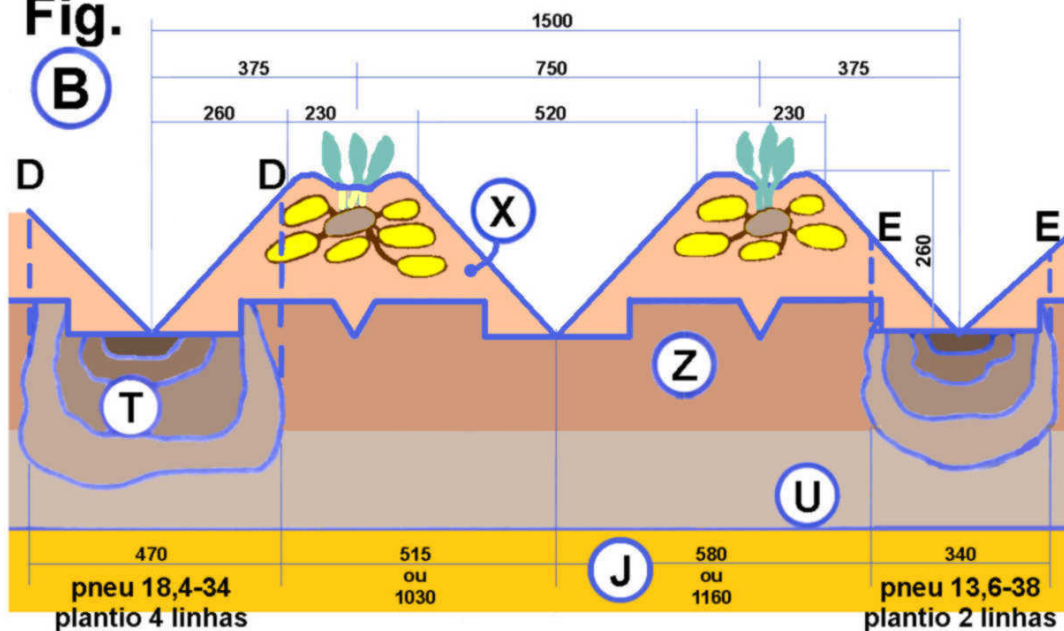


Figura 2. A: Dimensões do sistema proposto para a cultura da batata (mm). B: Dimensões do sistema convencional. A e B: Observa-se área maior proporcionada pelo sistema proposto. C e D: Área disponível para o tráfego. I e T: Área compactada pela ação do tráfego. J: Camada profunda que não sofreu compactação. U: Área que não recebeu mobilização de solo. X e M: Área que não possui restrição física para o desenvolvimento radicular (resistência a penetração de 0,1 a 0,15 MPa). Y: região subsolada. Z: Camada compactada existente somente no sistema convencional (SAKO, 2004).

O trabalho de Mitsuiki (2006), que foi realizado em áreas de produção comercial de batata na Chapada Diamantina (BA), utilizou o mesmo sistema proposto, obtendo produtividade de tubérculos totais 17% maior em relação ao sistema convencional, sendo que a produtividade de tubérculos de qualidade superior (diâmetro maior que 42 mm) foi 25% maior. O autor relaciona esse fato a um maior volume de solo que o preparo de solo proposto propicia para o desenvolvimento do sistema radicular, ou seja, uma melhor eficiência do sistema radicular em absorver água e nutrientes.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, S.L.; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J. Escarificação mecânica e biológica para a redução da compactação em argissolo franco-arenoso sob plantio direto. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 28, p. 519-531, 2004.

ALABOUVETTE, C. Fusarium wilt suppressive soils: an example of disease-suppressive soils. **Australasian Plant Pathology**, Collingwood, v. 28, p. 57-64, 1999.

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.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA BATATA. Disponível em: <<http://abbabatabrasileira.com.br>>. Acesso em 15 ago. 2007.

BARBER, B.A.; GUNN, K.B. The effect of mechanical forces on the exudation of organic substances by the roots of serial plants grown under sterile conditions. **New Phytopathology**, v. 73, p. 39-45, 1974.

BARLEY, K.P. Mechanical resistance of the soil in relation to the growth of roots, **Soil Science**, Philadelphia, v. 96, p. 175-180, 1963.

BAVER, L.D. **Soil Physics**. New York: John Wiley, 1940, 370 p.

BAVER, L.D.; GARDNER, W.H.; GARDNER, W.R. **Física de suelos**. México: **Hispano Americano**, 1972. 529 p.

BENGOUGH, A. G.; CROSER, C.; PRITCHARD, J. A biophysical analysis of root growth under mechanical stress. **Plant and Soil**, v. 189, p. 155-164, 1997.

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**. v. 55, p. 65-71, 1978.
- BOLLER, W.; PREDIGER, L.J. Cultivo da batata (*Solanum tuberosum* L.) em função de diferentes sistemas de preparo e condições de cobertura de solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 21, p. 174-179, mai. 2001.
- BRADFIELD, R. Soil conservation from the view point of soil physics. **Agronomy Journal**, Madison, v. 29, p. 85-92, 1937.
- BRADY, N.C.; WEIL, R.R. **The nature and properties of soils**. 13 th ed. New Jersey: Prentice Hall, 2002. 960 p.
- BREWER, R. **Fabric and mineral analysis of soils**. New York: Robert Krieger Publising Company, 1976. 482 p.
- BUSHNELL, J. Exploratory study of the rate of oxygen consumption by potato roots. **American Potato Journal**. v.33, p. 203-210, 1956.
- BUSSCHER, W.J.; EDWARDS, J.H.; VEPRASKAS, M.J.; KARLEN, D.L. Residual effects of slit tillage and subsoiling in a hardpan soil. **Soil and Tillage Research**, v. 35, p. 115-123, 1995.
- BUSSCHER, W.J.; BAUER, P.J. ; FREDERICK, J.R. Recomposition of a coastal loamy sand after deep tillage as a function of subsequent cumulative rainfall. **Soil and Tillage Research**, v. 68, p. 49-57, 2002.
- CABRERA, R.A.D. Manejo sustentável na citricultura. In:WORKSHOP SOBRE MANEJO SUSTENTÁVEL NA AGRICULTURA. **Anais...** Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2006. Disponível em: <<http://www.ipni.org.br>>. Acesso em 16 ago. 2007.
- CARPENEDO, V.; MIELNICZUCK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de latossolos roxos submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 14, p. 99-105, 1990.
- CARTER, L.M. et al. Precision tillage for cotton production. **American Society of Agricultural Engineers. Transactions**. v. 8, p. 177-179, 1965.
- CARTER, L.M.; TAVERNETTI, J.R. Influence of precision tillage and soil compaction on cotton yields. **American Society of Agricultural Engineers. Transactions**. v. 11, p. 65-67, 1968.
- CARTER, L.; MEEK, B.; RECHEL, E. Zone production research with wide tractive research vehicle. **Proceedings 1 lth International Conference ISTRO**, Edinburgh, v. 1, p. 221-226, 1988.
- CARVALHO JÚNIOR, I. **Estimativas de parâmetros sedimentológicos para estudo de camadas compactadas e/ou adensadas em latossolo de textura média, sob diferentes usos**. 1995. 83 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.

CASSEL, D.K., BOWEN, H.D., NELSON, L.A. An evaluation of mechanical impedance for three tillage treatments on Norfolk Loanmy Sand. **Soil Science Society**

of America Journal, Madison, v.42, p.116-20, 1978.

CHAMEN, W.C.T.; VERMEULEN, G.D.; CAMPBELL, D.J.; SOMMER, C.; PERDOCK, U.D. Reduction of traffic-induced soil compaction by using low ground pressure vehicles, conservation tillage and zero traffic systems. **Proceedings 1 lth International Conference ISTRO**, Edinburgh, v. 1, p. 227-232, 1988.

COOK, R.J. Use of pathogen-suppressive soils for disease control. In: SCHNEIDER, R.W. **Suppressive soils and Plant Disease**, St Paul: American Phytopathological Society, 1982, p. 51-65.

COOK, R.J. AND BAKER, K.F. **The Nature and Practice of Biological Control of Plant Pathogens**. St Paul: American Phytopathological Society, 1983, 539 p.

DASBERG, S.; BAKKER, J. W. Characterizing soil aeration under changing soil moisture conditions for bean growth. **Agronomy Journal**. v. 62, p. 689-692, 1970.

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, C.A.C. **Cultura da batata**. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 1993. 33 p.

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

DOUGLAS, J.T.; CAMPBELL, N.J.; CRAWFORD, C.E. Soil and crop responses to conventional, reduced ground pressure and zero traffic systems for grass silage production. **Soil Tillage Research**, v. 24, p. 421-439, 1992.

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.

EHLERS, W.W.; KOPKE, F.; HESSE, F.; BOHM, W. Penetration resistance and growth root of oats in tilled and untilled loess soil. **Soil and Tillage Research**. v. 3, p. 261-275, 1983.

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

- FANTE Jr. L.; REICHARDT, K.; JORGE, L.A. de C.; BACCHI, O.O.S. Distribuição do sistema radicular de uma cultura de aveia forrageira. **Scientia Agricola**, v. 56, n.4, p. 1091-1100, out/dez. 1999. Suplemento.
- FIGUEIREDO, C. **Transição agroecológica em sistemas de produção de batata**. 2005. 117 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.
- 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.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em 15 ago. 2007.
- GONZALES-ERICO, E.; KAMPRATH, E. J.; NADERMAN, G. C.; SOARES, W. V. Effect of depth of lime incorporation on the growth of corn on an Oxisol of Central Brazil. **Soil Science Society of America Journal**, v. 43, p. 1155-1158, 1979.
- GOSS, M.J. The specific affects of roots on the regeneration of soil structure. In: **Soil Compaction and Regeneration**, Workshop on Soil Compaction: Consequences and Structural Regeneration Process, Proceedings. Avignon, 17-18 September 1985. Published for Comission of the European Communities by A.A. BALKEMA/ ROTTERDAM/ BOSTIN. 1987.
- 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.
- GRIMES, D.W.; MILLER, R.J.; WILEY, P.L. Cotton and corn root development in two field soils of different strength characteristics. **Agronomy Journal**. Madison, v. 67, p. 519-523, 1975.
- GUINI, R.; ZARONI, M.H. Relação entre coberturas vegetais e supressividade de solos a *Rhizoctonia solani*. **Fitopatologia Brasileira**. v. 26, p. 10-15, 2001.
- GUPTA, S.C.; SHARMA, P.P.; De FRANCHI, S.A. Compaction effects on soil structure, **Advances in Agronomy**, p. 311-338, 1989.
- HONEYCUTT, C.W., CLAPHAM, W.M., LEACH, S.S. Crop rotation and N fertilization effects on growth, yield, and disease incidence in potato. **American Potato Journal**. v. 73, p. 45–61, 1996.
- JACKSON, I. P. The relation of soil aeration to the growth of potato sets. **American Potato Journal**. v. 58, p. 436-438, 1962.
- JOUBERT, D.. **Relationship between soil compaction and Phytophthora root rot of citrus**. 1993. Dissertação (Mestrado) - University of Pretoria, South Africa, 1993.

JOUBERT, D.; LABUSCHAGNE, N. Effect of soil compaction on Phytophthora nicotianae root rot of Rough lemon and Troyer citrange seedlings. **African Plant Protection**, Pretoria, v. 4, p. 123-128. 1998.

KEW, K.L.; ZENTMEYER, G.A. Chemotatic response of zoospores of five species of Phytophthora. **Phytopathology**, v. 63, p. 1511-1517, 1973.

KOCHHANN, R.A.; DENARDIN, J.E. Comportamento das culturas de trigo, soja e milho à adubação fosfatada no sistema de plantio direto e preparo convencional. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 2., 1997, Passo Fundo. *Anais...* Passo Fundo: EMBRAPA-CNPQ, 1997. p.243-246.

KOOREVAR, P.; MENELIK, G.; DIRKSEN, C. **Elements of soil physics**. Amsterdam: Elsevier, 1983. 230 p.

LABUSCHAGNE, N.; JOUBERT, D. Profile modification as a means of soil improvement: promoting root health through deep tillage. 2006. In: UPHOFF, N.; BALL, S.A.; PALM, C. *BIOLOGICAL Approaches to Sustainable Soil Systems*. Boca Raton.

LABANAUSKAS, C. K.; LETEY, J.; STOLZY, L. H. ; VALORAS, N. Effects of soil-oxygen and irrigation on the accumulation of macro and micronutrientes in citrus seedlings (*Citrus sinensis* var. Osbeck). **Soil Science**. v. 101, p. 378-384. 1966.

LAMBERS, H. Growth, respiration, exsudation and symbiotic associations: the fate of carbon translocated to the roots. In: GREGORY, P.J.; LAKE, J.V.; ROSE, D.A. **Root Development and Function**. Cambridge: Society for experimental biology, 1988, p. 125-147.

LAPPEN, D.R.; TOPP, G.C.; GREGORICH, E.G.; HAYHOE, H.N.; CURNOE, W.E. Divisive field-scale associations between corn yields, management, and soil information, **Soil and Tillage Research**, v. 58, p. 193-206, 2001.

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

LOUVET, J., ROUXEL, F. AND ALABOUVETTE, C. Recherches sur la resistance des sols aux maladies. I - Mise en evidence de la nature microbiologique de la resistance d'un sol au developpement de la fusariose vasculaire du melon. **Annual Phytopathology**, v. 8, p. 425-436, 1976.

LUMSDEN, R.D.; LEWIS, J.A.; PAPAIVIZAS, G.C. Effect of organic amendmets on soilborne plant diseases and pathogen antagonists. In: LOCKERETZ, W. **Environmentally Sound Agriculture**, New York: Praeger Press, 1983. p. 51-70.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2th ed. London: Academic Press, 1995. 887 p.

- MARTIN, J.P. et al. Soil Aggregation. **Advances in Agronomy**, New York, v. 7, p. 1-37, 1955.
- 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.
- MITSUIKI, C. **Efeito de sistemas de preparo de solo e do uso de microrganismos eficazes nas propriedades físicas do solo, produtividade e qualidade da batata**. 2006. 97 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.
- MOLOPE, M.B.; GRIEVE, I.C.; PAGE, E.R. Contributions by fungi and bacteria to aggregate stability of cultivated soils. **European Journal of Soil Science**, v. 38, p. 71-77, mar. 1987.
- MOYIN-JESU, E.I. Use of plant residues for improving soil fertility, pod nutrients, root growth and pod weight of okra (*Abelmoschus esculentum* L). **Bioresource Technology**. Amsterdam, v. 98, p. 2057-2064, 2007.
- MULLER, M.M.L.; CECCON, G. e ROSOLEM, C.A. Influência da compactação do solo em subsuperfície sobre o crescimento aéreo e radicular de plantas de adubação verde de inverno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 25, p. 531-538, 2001.
- OADES, J.M. Mucilages at the root surface. **European Journal of Soil Science**, London, v. 29, p. 1-16, 1978.
- OLIVEIRA, A.D. de. Plantio direto da batata utilizando o protótipo “UFV-ENG”. **Batata show**, n. 7, 2003.
- OTTONI FILHO, T.B. Uma classificação físico-hídrica do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.27, p. 211-222, 2003.
- PALADINI, F.L. dos S.; MIELNICZUK, J. Distribuição de tamanho de agregados de um solo Podzólico Vermelho-Escuro afetado por sistema de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 15, p. 135-140, 1991.
- PARKER, C.J.; CARR, N.J.; JARVIS, N.J.; EVANS, M.T.B.; LEE, V.H. Effects of subsoil loosening and irrigation on soil physical properties, root distribution and water uptake of potatoes (*Solanum tuberosum*). **Soil Tillage Research**. v. 13, p. 267-285, 1989.
- PEREIRA, A. da S.; DANIELS, J. **O cultivo da batata na região sul do Brasil**. Brasília: EMBRAPA Informação tecnológica, 2003. 567 p.
- PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel, 2002. 549p.
- PRIMAVESI, A. **Cartilha do Solo**. 1 ed. Fundação Mokiti Okada, 2006. 117 p.

RADFORD, B.J.; YULE, D.F.; McGARRY, D.; PLAYFORD, C. Crop responses to applied soil compaction and to compaction repair treatments, **Soil Till. Res.**, v.61, p. 157-166, 2001.

RAIJ, B. van Uso do gesso na agricultura. In: SIMPÓSIO SOBRE INFORMAÇÕES RECENTES PARA OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO. **Anais...** Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2006. Disponível em: <<http://www.ipni.org.br>>. Acesso em 16 ago. 2007.

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.

REICHERT, J. M. et al. Manejo, qualidade do solo e sustentabilidade: condições físicas do solo agrícola. In: XXIX CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. **Anais...**, Ribeirão Preto-SP. 17p. 2003.

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

RITCHEY, K. D.; SILVA, J. E.; COSTA, U. F. Calcium deficiency in clayey B horizon of savannah Oxisols. **Soil Science**. v. 133, p. 378-382, 1982.

RITCHEY, K. D.; SILVA, J. E.; SOUSA, D. M. G. Relação entre teor de cálcio no solo e desenvolvimento de raízes avaliado por um método biológico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.7, p. 269-275, 1983.

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) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

ROSS, C.W. The effect of subsoiling and irrigation on potato production. **Soil Tillage Research**. v 7, p. 315-325, 1986.

RUSANOV, V.A. Effect of wheel and track traffic on the soil and crop growth and yield, **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 19, p. 131-143, 1991.

SÁ, M.A.C. de; 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.

SAKO, R.S. **II Dia de Campo Internacional Elma Chips**, Sistema Planta Forte Mafes & Ihara. Itapetininga. 2004.

- SCHER, E.M.; BAKER, R. Mechanism of biological control in a *Fusarium*-suppressive soil. **Phytopathology**, v. 70, p. 412-417, 1980.
- SCHIPPERS, B. Prospects for management of natural suppressiveness to control soilborne pathogens. In: TJAMOS, E.C.; PAPAVIDAS, G.C.; COOK, R.J. **Biological Control of Plant Diseases**, New York: Plenum Press, 1992. p. 21-34.
- SCHNEIDER, R.W. **Suppressive Soils and Plant Disease**. St Paul: **American Phytopathology Society**, 1982, 88 p.
- SHIOMI, Y.; NISHIYAMA, M.; ONIZUKA, T.; MARUMOTO, T. Comparison of bacterial community structures in the rizoplane of tomato plants grown in soils suppressive and conducive towards bacterial wilt. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 65, p. 3996-4001, 1999.
- SHIPTON, P.J., COOK, R.J. AND SITTON, J.W. Occurrence and transfer of a biological factor in soil that suppresses take-all of wheat in eastern Washington. **Phytopathology**, v. 63 p. 511-517, 1973.
- 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, I de; MIELNICZUCK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.21, p. 113-117, 1997a.
- SILVA, I de; MIELNICZUCK, J. Avaliação do estado de agregação do solo afetado pelo uso agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, p. 313-331, 1997b.
- SINGH, D.K.; SALE, P.W.G.; ROUTLEY, R.R. Increasing phosphorus supply in subsurface soil in northern Australia: rationale for deep placement and the effects with various crops. **Plant and soil**. v. 269, p. 35-44, 2005.
- SMUKER, A.J.M.; ERICKSON, A.E. Anaerobic stimulation of root exudates and diseases of peas. **Plant soil**, v. 99, p. 423-433, 1987.
- SOJKA, R. E.. Soil oxygen effects on two determinate soybean isolines. **Soil Science**. v. 140, p. 333-343, 1985.
- 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, 1993.
- 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.
- STOCKTON, et al. Precision tillage for cotton production. **California Agriculture**, Oakland, v. 16, p. 10-11, 1962.

- 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.
- 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.
- TAYLOR, H. M.; BRAR, G. S. Effect of soil compaction on root development. **Soil Tillage Research**, v. 19, p. 111-119, 1991.
- TARDIEU, F. Growth and functioning of roots and to root systems subjected to soil compaction towards a system with multiple signaling. **Soil Till. Res.**, v. 30, p. 217-243, 1994.
- THOMPSON, P.J.; JANSEN, I.J.; HOOKS, C.L. Penetration resistance and bulk density as parameters for predicting root system performance in mine soils, **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 51, p. 1288-1293, 1987.
- 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. Stabilization of soil aggregates by the root systems of ryegrass. **Australian Journal of Soil Research**, Victoria, v. 17, p. 429-441, 1979.
- TISDALL, J.M.; OADES, J.M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. **European Journal of Soil Science**, London, v. 33, p. 141-163, 1982.
- TISDALL, J.M. Possible role of soil microorganisms in aggregation in soils. **Plant and Soil**, v. 159, 115-121, 1994.
- TOKESHI, H.; BERGAMIN FILHO, A. Doenças da batata - *Solanum tuberosum* L. In: GALLI, F. et al. **Manual de Fitopatologia**. 2 ed. São Paulo: Editora Agronômica "Ceres" LTDA, 1980. v. 2, p. 102-140.
- TOKESHI, H. Micronutrientes na cana-de-açúcar. In: FERREIRA, M.; CRUZ, M.C.P. **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: Potafós, 1991. 734 p.
- TOKESHI, H.; ALVES, M.C.; SANCHES, A.B.; HARADA, D.Y. Controle de *Sclerotinia sclerotiorum* com microrganismos eficazes. **Summa Phytopathologica**, v. 23, p. 146-154, 1997.
- TORMENA, C.A.; ROLOFF, G. Dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 20, p. 333-339, 1996.
- TORMENTA, C.A. et al. Propriedades físicas e taxa de estratificação de carbono orgânico num latossolo vermelho após dez anos sob dois sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 1023-1031, 2004.

- VEPRASKAS, M.J.; WAGGER, M.G. Corn root distribution and yield response to subsoiling for Paleudults having different aggregate sizes. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.54, p.849-854, 1990.
- VITTI, G. C.; VIEIRA, F. C.; SUGIMOTO, L. S. **Nutrição e adubação da batata**, relatório de pesquisa. FEALQ-USP. Piracicaba-SP. Maio, 2002
- XU, X.; NIEBER, J.L. GUPTA, S.C. Compaction effects on the gas diffusion coefficients in soil. **Soil Science Society of America Journal**, v. 56, p. 1743-1750, 1992.
- ZENTMEYER, G.A. *Phytophthora cinnamomi* and the diseases it causes, Monograph 10. **American Phytopathology Society**, St Paul, 1980.
- WENGEL, R. W. Emergence of corn in relation to soil oxygen diffusion rates. **Agronomy Journal**. v. 58. p.69-72, 1966.
- WHITE, R.O.; MOIR, T.R.G.; COOPER, J.P. Las gramíneas en la agricultura. In: FAO, **Estudios agropecuários Nº 42**. Roma: 1959, 464 p.
- WILCOX, W.; MIRCETICH, S.M. The influence of different levels of soil moisture on *Phytophthora* root rot and crown rot of Mahaleb cherry rootstock. **Phytopathology**, v. 69, p. 1049, 1979.
- 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 and Tillage Research**, Amsterdam, v. 26, p. 341-359, 1993.