

Manejo e conservação de solos, na cultura da cana

José Luiz Ioriatti Demattê *

Entende-se como manejo de solo toda atividade aplicada ao sistema solo-planta, com o intuito de aumentar a produtividade agrícola e provocando a menor degradação ambiental possível. Todavia, as práticas de manejo dependem de níveis tecnológicos resultantes de conhecimento e de investimento. Neste trabalho, será empregado o nível mais elevado de manejo (intensivo), no qual há elevado emprego de capital e de tecnologia e a importância relativa do fator terra é menor. Nesse caso, a capacidade gerencial assume grande importância, tendo em vista o equilíbrio e a harmonia no emprego de todos os fatores de produção (capital, terra e mão-de-obra). Além do mais, agricultor nenhum irá se utilizar de práticas de manejo se a relação custo/benefício lhe for desfavorável.



Apesar de o tema ser especificamente relacionado ao solo, para manejar adequadamente uma área, são necessários conhecimentos da cultura e do clima. Como exemplo, pode-se considerar que o plantio em solo arenoso, de baixa reserva de umidade, em janeiro, em região de elevado déficit hídrico, irá produzir menos cana do que o plantio em abril, nesse mesmo solo. Por outro lado, e especificamente em relação ao manejo dos solos, é necessário observar os fatores que influem no desenvolvimento radicular da planta. Em uma agricultura sem irrigação artificial, há uma correlação direta entre o desenvolvimento radicular e a produtividade. Portanto, é imperativo que se faça uma avaliação dos fatores limitantes que atuam no desenvolvimento radicular, assim como a escolha das melhores opções de manejo, que possibilitem eliminar ou atenuar tais fatores.

Em resumo, os principais solos cultivados com cana-de-açúcar, na região Centro-Sul, são os seguintes (nomes entre parênteses se referem à classificação atual):

- **Latossolos** – Caracterizados por serem profundos, bem drenados; localizados em relevo de plano a suave ondulado, de mineralogia caulínica e oxidica; ácidos ou não; de fertilidade variável, indo desde os eutróficos aos álicos; de textura muito argilosa a médio-arenosa. Aqui se incluem o Latossolo Roxo (Latossolo Vermelho férrico, teor de ferro maior que 18%); Latossolo Vermelho-Escuro (teor de ferro menor que 18%); Latossolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Amarelo.
- **Terra Roxa Estrutura (Nitossolo Vermelho férrico) e Podzólicos Vermelhos-Escuros (Nitossolo Vermelho)** – São solos vermelhos, semelhantes ao Latossolo Roxo em cor, profundidade, textura e mineralogia, porém, com presença de horizonte B textural. Podem ser de fertilidade variável, indo desde os eutróficos aos álicos.

- **Solos com gradiente textural** – Nesta categoria são incluídos os solos de textura contrastante entre a camada superficial (mais arenosa) e a de subsuperfície (mais argilosa); de drenagem moderada a lenta; de ocorrência em relevo suave ondulado a ondulado; de fertilidade variável; com mineralogia caulínica de baixa atividade (Tb) ou mineralogia 2:1, de alta atividade (Ta). São incluídos os Podzólicos Vermelhos-Amarelos Tb (Argissolos Vermelhos-Amarelos), os Podzólicos Vermelhos-Amarelos eutróficos Ta (Luvisso Crômico), os Podzólicos Vermelhos-Amarelos Ta álicos (Alissolo Crômico). Os planossolos diferem dos solos podzolizados Ta por apresentarem um horizonte B plânico, mais coeso do que o horizonte B textural dos podzolizados e, por isso, oferecerem maior dificuldade no manejo.

- **Solos arenosos profundos** – Nesta categoria, são incluídas as Areias Quartzosas (Neossolos), sendo solos de textura arenosa a muito arenosa até 2 m de profundidade, de ocorrência em relevo plano, bem drenados. Normalmente são álicos ou distróficos.

- **Solos argilosos de drenagem lenta** – São os Vertissolos, solos de mineralogia 2:1, argila de alta atividade e geralmente eutróficos. Podem ter concentração de sódio.

- **Solos da região nordestina** – Na região Nordeste, há dominância dos Latossolos Vermelhos-Amarelos e Amarelos e dos solos podzolizados, apresentando a mesma mineralogia da fração argila dos solos do Centro-Sul, assim como a variação na fertilidade e na textura. Apresentam, entretanto, algumas particularidades, a saber: podem ser coesos (muito duros quando secos), o que pode dificultar o manejo no período seco; há bloqueamento de poros abaixo dos 30 a 40 cm, o que pode ocasionar encharcamento temporário; podem ocorrer formações especiais, como fragipã e duripã,

o que altera todo o regime hídrico do solo. Nas depressões, há formação dos podzóis hidromórficos, solos extremamente arenosos.

AMBIENTES DE PRODUÇÃO

Entende-se por “ambiente de produção” a junção de uma ou mais unidades de mapeamento de solo (ex: Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho-Escuro, Terra Roxa Estruturada, Podzólico Vermelho-Escuro, todos eutróficos) e variedade de cana, num dado estágio de desenvolvimento, sob um determinado regime hídrico (precipitação, distribuição de chuvas, déficit hídrico e outros), cujas capacidades de produção sejam semelhantes. Portanto, o “ambiente de produção” nada mais é do que a interação entre planta, solo e clima, associada ao manejo agrícola, cujos resultados são utilizados para as indicações mais favoráveis dos clones e/ou variedades.

O manejo pode ser aplicado a cada um dos três componentes, porém aquele com resposta mais imediata é o solo. Assim, ao submeter um solo a um dado nível de manejo, sua capacidade produtiva pode ser alterada para mais ou para menos, dependendo da intensidade da aplicação desses processos. Com isso, o potencial de um solo, sob um determinado nível de manejo, pode ser deslocado para cima ou para baixo, enquanto permanecerem as condições de manejo. Um exemplo seria a associação dos latossolos com os solos podzolizados, ambos de textura média-arenosa e álicos, pertencentes ao ambiente C. Com o uso de vinhaça, a produtividade pode ser aumentada, passando para ambiente B.

Por outro lado, os solos argilosos de boa drenagem e de elevada fertilidade da região canavieira de São Paulo, se estiverem enquadrados no ambiente C, por exemplo, devem ter sido manejados de maneira incorreta. Esse grupo de solos deveria apresentar produtividade compatível com o ambiente A.

TABELA 1 | CLASSIFICAÇÃO DOS AMBIENTES DE PRODUÇÃO NA CULTURA DE CANA-DE-AÇÚCAR

| AMBIENTES DE PRODUÇÃO | | |
|-----------------------|-----------------------|----------------------|
| Ambiente | Potencial de produção | Produtividade (t/ha) |
| A | Muito alto | > 95 |
| B | Alto | 90-95 |
| C | Médio/Alto | 85-89 |
| D | Médio | 80-84 |
| E | Baixo | 70-79 |
| F | Muito baixo | < 70 |

Com as unidades de mapeamento devidamente unificadas, assim como as análises climáticas e de produção de cada região, pela média dos últimos quatro cortes, podem-se sugerir os ambientes de produção relacionados na Tabela 1.

O conhecimento das limitações de cada local permite traçar estratégias de aplicação de práticas agrícolas mais adequadas, maximizando o retorno econômico. Tome-se, por exemplo, o plantio de “cana de ano”. Para a produção de 1 t de cana-de-açúcar, a demanda por evapo-transpiração é de 10 a 12 mm de água. Assim, para a produção de 100 t de cana, são necessários, no mínimo, 1.000 a 1.200 mm de precipitação, descontadas as perdas de água no sistema. A alocação varietal para “cana de ano” deve ser, obrigatoriamente, em “ambientes” de alta capacidade de fornecimento/armazenamento de água – ou seja, acima de 1.000 mm por ano. Em tal caso, são indicadas variedades de crescimento rápido, sem possibilidade de florescimento, e alocadas em solo de boa fertilidade.

Por ocasião do planejamento agrícola de plantio, a liberação das variedades será feita de acordo com os ambientes de produção e opções de manejo. Com base nas “cartas de solos”, são produzidas as “cartas de ambientes de produção”, para o plantio e exploração da cultura. Tais cartas são compostas de um conjunto de mapas georeferenciados das fazendas, nos quais são destacadas a área e os solos que compõem cada ambiente.

GRUPOS DE MANEJO DE SOLOS

Os grupos de manejo de solos são identificados de acordo com uma série de características comuns aos solos e que permitem aplicar práticas de manejo semelhantes. Tais agrupamentos se fazem necessários devido ao grande número de unidades de mapeamento identificadas nos levantamentos de solos, o que tende a dificultar em muito as opções de manejo. Entretanto, são necessários alguns esclarecimentos a respeito desses grupos:

- Procuram reunir unidades de mapeamento de solos que, teoricamente, responderiam às mesmas atividades de manejo.
- Apresentam dinamismo, podendo ser reajustados ao longo dos anos agrícolas, através da experiência acumulada pela equipe técnica e do avanço da tecnologia.
- Podem conter subdivisões (subgrupos), dependendo da atividade agrícola.
- Distribuem-se em grupos, como: (1) preparo dos solos; (2) época de plantio; (3) época de colheita; (4) fins de fertilidade; (5) alocação de variedades; (6) planejamento conservacionista etc.

CONSERVAÇÃO E PREPARO

A conservação do solo na cultura de cana-de-açúcar envolve diversos fatores que devem ser devidamente analisados, antes de sua implantação, entre eles: o tipo de solo, o tipo de corte (se mecânico ou manual); a época de plan-

tio e de colheita; o sistema de preparo; o tipo de traçado (se em nível ou reto); a cobertura do solo com outras culturas ou com palha, e o tamanho dos talhões.

As práticas de preparo de solo devem levar em consideração a atenuação ou a eliminação dos fatores limitantes ao bom desenvolvimento da cultura, tais como: as restrições ao desenvolvimento radicular, entre elas as físicas (compactação, adensamento e encharcamento), as químicas (baixo teor de nutrientes em profundidade, elevado teor de Al e Mn, sais de Na) e biológicas (nematóides, cupim, *Migdolus*, *Sphenophorus*), como infestação com ervas daninhas e a própria seqüência de erradicação das socas. Quanto ao sistema de preparo a ser utilizado, convencional, reduzido ou plantio direto, deverá ser feita uma adequada avaliação global do sistema. Assim, por exemplo, em áreas com elevada infestação com *Migdolus*, o preparo, por ocasião das reformas, deve ser feito no sistema convencional e no período seco, quando as larvas estão mais próximas da superfície.

Da mesma maneira, uma área que necessita de recuperação química em profundidade (ou área de pastagem) deverá ser preparada no sistema convencional, usando principalmente o arado, para possibilitar a incorporação profunda dos corretivos e das sementes. O uso do subsolador é indicado para áreas em que a recuperação química em profundidade já foi efetuada. Áreas devidamente recuperadas quimicamente e sem maiores inconvenientes (como pragas de solos, por exemplo) podem ser direcionadas ao preparo reduzido ou ao plantio direto.

Portanto, o sistema de preparo a ser escolhido será realizado após criteriosa avaliação das condições existentes. Num sistema convencional de preparo, o manejo envolve três fases: a primeira coincide com o período seco, que será utilizado para controle de ervas daninhas de difícil erradicação (como grama

seda), o que poderá ser feito com a associação mecânica (grades no período seco) e, posteriormente, química (glifosato, no período úmido). Nesse período, é feita a instalação do sistema viário e conservacionista, assim como a aplicação de corretivos, tais como calcário e gesso. Na segunda fase, quando se iniciam as chuvas, é feita a operação profunda, ou seja, subsolagem (a 40-45 cm de profundidade) ou aração (profundidade mínima de 35 cm). Na terceira fase, é feita a fosfatagem (se for o caso, em solo com menos de 10 ppm de P_2O_5) e gradeação de pré-plantio e plantio.

Após a segunda fase, não é recomendado o uso de gradeações pesadas, pois o solo poderá se compactar novamente. Se for o caso de brotação de remanescentes ou de ervas daninhas, deve-se usar o glifosato. Resultados preliminares sobre o preparo convencional de solo argiloso usando grade pesada, arado e subsolador (Bellinaso, 1997) indicaram maior produtividade com o uso de arado e do subsolador, em relação à grade pesada. Em casos em que “não há restrição física e química” ao desenvolvimento radicular e/ou problemas sérios com ervas daninhas, assim como de pragas de solo, pode-se optar pelo preparo reduzido ou plantio direto. Havendo necessidade de aplicação de calcário, nesses dois casos pode-se aplicar 2/3 da dose em área total e 1/3 dentro do sulco.

A associação de culturas secundárias no sistema de preparo do solo (tais como soja, amendoim, crotalária) é de fundamental importância no manejo. Além de manter o solo coberto no período de maior precipitação, reduzindo os perigos de erosão, a cultura secundária permite atenuação do custo de plantio, como no caso da soja e do amendoim (redução de até 30%), assim o plantio em épocas inadequadas, como no caso da crotalária juncea, em solos podzolizados arenosos. Essa leguminosa pode extrair considerável quantidade de nutrientes comparati-

vamente a outras leguminosas, teores esses que podem ser deduzidos da necessidade de adubação da cana. Além disso, seu uso pode proporcionar acréscimo de produtividade à cana-de-açúcar (Cáceres e Alcarde, 1995).

O plantio da crotalária é feito em outubro-novembro, após o preparo convencional do solo, usando 20 a 25 kg/ha de semente. A partir de fevereiro, o manejo dessa leguminosa consiste em não incorporá-la ao solo, mas sim mantê-la na superfície, usando rolo-faca, em caso de solo arenoso, ou apenas derrubando-a com o trator, por ocasião da sulcação, em caso de solo argiloso. Tal procedimento permite que o solo fique coberto por ocasião do plantio da cana, reduzindo o processo erosivo e de compactação. Além disso, o sistema radicular pivotante dessa leguminosa age como descompactador do solo. Dentro desse contexto, tem sido usado, por algumas usinas, o plantio direto da soja na soqueira de cana. O esquema tem sido o seguinte: liberação da área para reforma; instalação do sistema viário e conservacionista; aplicação dos corretivos; erradicação

química da soqueira; plantio de soja na entrelinha da soqueira; colheita da soja; sulcação e plantio da cana. Para o êxito desse sistema de manejo, é necessário que o solo tenha razoável fertilidade, assim como níveis não comprometedores de compactação.

TERRAÇOS E TRAÇADO EM NÍVEL

Os tipos de terraços usados, assim como as vantagens e as desvantagens, são as seguintes:

- Embutido: são considerados os mais resistentes, em relação à erosão, e muito usados, também, em áreas de corte mecanizado. Não permite o cruzamento de máquinas e equipamentos.
- Embutido invertido: usado em área declivosa, entre 8 e 12%, para o caso de corte mecanizado, ou em maior declividade em corte manual. Tem as seguintes vantagens: maior captação de água; permite o corte mecanizado em toda a sua área; facilita o carregamento no corte manual, pois a carregadeira trabalha dentro do canal do terraço e não nas costas, como no embutido convencional.



Terraço com retenção de água em área recém-plantada; Macatuba, SP; 1986

- Base larga: usado até a declividade de 6%. Vantagens: permite o corte mecanizado em toda a sua largura e o cruzamento de máquinas e equipamentos. Desvantagem: terraço mais fraco do que o embutido.
- Canal: usado em solos com deficiência de drenagem. Desvantagem: maior risco de assoreamento, necessitando de mais manutenção; perigo durante as operações noturnas, quando pode provocar acidentes.

A sulcação em nível, associada ou não a terraços, tem sido o sistema conservacionista mais comum usado pela maioria das usinas. A distância vertical (DV) mais usual entre terraços tem sido de 5 m, havendo casos de distância menor, de 2,5 m, como em certos solos podzolizados arenosos. O tamanho de talhões é um dos fatores que envolve o sistema conservacionista, sendo dependente de uma série de parâmetros (entre eles a quantidade de cana a ser cortada no dia; o tipo de solo; a declividade do terreno). Áreas inclinadas e argilosas apresentam maior quantidade de carregadores e, com isso, menor tamanho de talhões. Em áreas de boa topografia, o tamanho médio dos talhões é de aproximadamente 12 a 15 ha,

para solos de boa fertilidade, e de 15 a 20 ha, para solos de baixa fertilidade. Não são aconselháveis sulcos muito longos, como de 800 a 900 m, pois podem favorecer a compactação e dificultar os trabalhos de manutenção de máquinas e equipamentos. O comprimento deve ficar na faixa de 400 a 500 m, em solos argilosos, e 500 a 600 m, em solos arenosos. Porém, a sulcação deve ser contínua entre os talhões, para permitir rendimento melhor das operações mecanizadas.

TRAÇADO PARA CORTE MECANIZADO

Para uma grande eficiência no corte mecanizado, o sistema de traçado tem que ser reto e longo (acima de 800 m). Num sistema como esse, a presença de terraços é um empecilho, e muitos técnicos têm evitado a sua construção. A questão que fica pendente é a seguinte: e a conservação do solo, como fica? A sulcação reta, sem muito critério, pode ocasionar sérios riscos de erosão, assim como riscos para a área ambiental. É inevitável que, numa região tropical úmida, sujeita a chuvas intensas em curto período de tempo, haja erosão, inclusive, num traçado em nível.

Com o advento do corte de cana crua, em sulcação reta ou convencional, tem sido aplicado em muitas usinas o adubo na superfície do solo, sem incorporação. Com chuvas, parte desse fertilizante pode ser removido do talhão (Tabela 2), podendo contaminar o ambiente.

As perdas de nutrientes pela água das chuvas são consideráveis, tanto na aplicação dos 500 kg/ha da fórmula NK, como na aplicação da vinhaça, como na Fazenda São Pedro (Tabela 2). Nesse caso, após as três chuvas, houve perda de potássio, na faixa de 33,1 mg/l de K. Sendo assim, é preciso rever a questão da aplicação do adubo sem incorporação, principalmente em sistema de sulcação reta. O planejamento da sulcação reta deve ser feito com muito critério e cuidado. O sistema de traçado em nível, para os dois tipos de corte, ainda é o mais indicado e mais seguro, apesar de reduzir a eficiência do corte mecanizado. Para o caso do corte mecanizado, a seqüência de traçado mais comum tem sido a seguinte: carregador paralelo ao terraço 1 – terraço 1 em nível – carregador paralelo ao terraço 2 – terraço 2 em nível. A alegação, neste caso, é a de que o carregador paralelo ao terraço auxilia as operações do corte mecanizado. Nessa opção, haverá linhas mortas somente de um lado do terraço e o EV (terraço a terraço) será de 10 m. Haverá, entretanto, perda de área.

Outra opção mais segura em termos de erosão seria: carregador construído em nível – terraço em nível – carregador erguido em nível. Nesse esquema, há linhas mortas dos dois lados e o EV também será de 10 m. Continuará havendo perda de área. Atualmente, em algumas usinas, tem sido questionada a necessidade do carregador paralelo ao terraço, como no primeiro exemplo anterior, para o auxílio nas operações do corte mecanizado. Há casos de perdas de área em carregadores acima de 7,5%. Sendo assim, tais unidades têm eliminado esse carregador, fazendo em sua posição a finalização da sulcação.

TABELA 2 | PERDAS DE NUTRIENTES PELA ÁGUA DAS CHUVAS, EM ÁREAS DE SOQUEIRAS, COM ADUBO E VINHAÇA APLICADO NA SUPERFÍCIE

| NUTRIENTES | CHUVA 8/10/1998 | CHUVA 16/10 | CHUVA 26/10 |
|---|-----------------|-------------|-------------|
| | 25mm | 4mm | 18mm |
| Fazenda São Francisco (500 kg/ha 18-00-27) | | | |
| N (mg/L) | 1,4 | 0,4 | 0,1 |
| K (mg/L) | 2,5 | 1,2 | 1,8 |
| Ca (mg/L) | 3,0 | 4,0 | 1,0 |
| Mg (mg/L) | 0,7 | 0,8 | 1,0 |
| Fazenda São Pedro (150 m ³ /ha vinhaça+245 kg/ha NH ₄ NO ₃) | | | |
| | 22mm | 53mm | 23mm |
| N (mg/L) | 1,4 | 0,4 | 0,12 |
| K (mg/L) | 17,0 | 8,4 | 7,7 |
| Ca (mg/L) | 16,0 | 12,0 | 4,0 |
| Mg (mg/L) | 4,7 | 4,0 | 1,2 |
| S (mg/L) | 5,0 | 4,0 | 14,5 |

Fonte: Usina da Barra, safra 1998/1999

ÉPOCA DO PLANTIO CONSERVACIONISTA

Dependendo do tipo de solo, a época de plantio é de fundamental importância na redução do processo erosivo. Assim é que, das épocas tradicionais de plantio, como “cana de ano” ou “de ano e meio”, surge o plantio de maio a outubro (ou plantio de outono/inverno) como uma das melhores opções de manejo para solos com problemas de erosão, entre eles os solos podzolizados e latossolos arenosos, apesar de ser indicado para qualquer tipo de solo. Os inconvenientes da erosão, encharcamento de sulcos e assoreamento de plantio deixam de ocorrer. Eventualmente, haverá necessidade de irrigação, se o plantio for em solo argiloso. O uso da torta de filtro dentro do sulco de plantio é recomendado, principalmente para o período mais frio. Em termos estratégicos, plantam-se as canas nos solos arenosos até fins de agosto e, posteriormente, nos argilosos. Quanto às variedades, são sugeridas as precoces no plantio de maio-junho, as médias até fins de agosto e, finalmente, as tardias.

Em relação à produtividade da cana, nesse período são necessários alguns esclarecimentos relacionados ao valor do déficit hídrico e do período em que esse déficit ocorre, durante o ciclo da cultura. De maneira geral, um déficit hídrico no início do plantio tem menor efeito negativo na produtividade que no meio ou na parte final de crescimento da cultura. A produtividade de cana cortada com 12 meses, com épocas de plantio de maio a novembro de 2000 e corte de maio a novembro de 2001, na Usina da Barra-SP, tendeu a decrescer de maio (com 110 t/ha) a novembro (com 70 t/ha). No caso do plantio de maio, o déficit hídrico coincide com o estágio inicial da cultura, enquanto o déficit no plantio de novembro coincide com o terço final de crescimento da cultura, o que tende a causar queda de produtividade.

Por outro lado, num plantio de “cana de ano e meio”, de janeiro a abril, é re-

comendado deixar os solos arenosos e os podzolizados para o período final, março e abril. No caso dos solos podzolizados, o plantio em pleno período chuvoso é arriscado, devido aos perigos de erosão, assoreamento e encharcamento do sulco, enquanto, no final do período, a intensidade e a quantidade de chuva é menor, assim como os riscos de perdas. Quanto aos latossolos arenosos, é indicado também o período final de plantio, pois, sendo solos de baixa retenção de água, num plantio de janeiro, o déficit hídrico irá coincidir com a cana já com colmos, o que pode reduzir a produtividade. Os solos de boa fertilidade, argilosos e bem drenados, devem ser plantados durante o período chuvoso.

DESENVOLVIMENTO RADICULAR

Dentre as restrições físicas ao desenvolvimento radicular, estão as relacionadas ao decréscimo da macroporosidade do solo (entre elas a compactação, em seus mais diversos aspectos), o adensamento no horizonte B textural, típico de solos podzolizados, com ou sem fragipã ou duripã, e os bloqueamentos de poros, caracterizado pelos solos do Nordeste, entre eles os podzolizados. Tanto a compactação como os adensamentos genéticos dos solos citados tendem a reduzir a produtividade.

DIAGNÓSTICO DA COMPACTAÇÃO

A avaliação do estado de compactação do solo se faz necessária para otimizar as operações agrícolas de preparo ou de cultivo. Em relação aos penetrômetros de impacto ou aos penetrógrafos, a vantagem se refere à rapidez de obtenção dos resultados. A principal desvantagem se refere à necessidade de se obterem curvas de calibração entre o teor de umidade do solo além do nível crítico da compactação. Caso contrário, pode-se chegar a resultados irreais. Outra maneira mais segura de se avaliar a compactação é a abertura de pequenas trincheiras (faixa de 60 a 70cm de pro-

E.C.F. BEAUCOUR/USP/ESALQ



Sulcação em plantio intercalar; Rio das Pedras, SP; 1986

fundidade), cortando duas ruas de cana e avaliando visualmente o desenvolvimento radicular, assim como a profundidade e o grau de compactação. Amostras de anel volumétrico podem ser retiradas, para a determinação da densidade do solo. Mediante as observações de campo, é sugerido o sistema de preparo do solo, assim como a profundidade de descompactação.

Visando a ilustrar a queda de produtividade devido à compactação, a Copersucar instalou um experimento em solo argiloso e induziu a compactação, usando um caminhão de 27 t de peso total, trafegando na entrelinha, em solo seco e solo úmido (Tabela 3). A redução da produtividade foi verificada, à medida que se trafegou com o solo úmido. A pior situação ocorreu com o tráfego sobre a linha da cana, com o solo úmido. A perda de produtividade nesse caso,

comparada com uma passada em solo seco, foi de 14 t/ha. Em cinco cortes, esse valor pode subir a 70 t/ha, ou praticamente perda de um corte no ciclo.

ASPECTOS DA COMPACTAÇÃO DO SOLO

Um dos fatores limitantes para o aumento da produtividade da cana se refere à compactação do solo, que altera uma série de características do solo, entre elas a sensível redução da macroporosidade, chegando a 42% na camada superficial, e 58% na subsuperfície. A alteração na porosidade reduz a quantidade de água disponível em mais de 100%, podendo reduzir a produtividade em mais de 30% (Bellinaso, 2000).

Essa alteração na porosidade tem reflexo direto em outras propriedades do solo, reduzindo a velocidade de troca gasosa entre o solo e a atmosfera, favorecendo o encharcamento temporário, alterando a distribuição de umidade, reduzindo a infiltração, alterando a absorção de nutrientes e, mais importante, restringindo o crescimento radicular. Em solo compactado, a distribuição de umidade é totalmente alterada.

A compactação interfere na quantidade de nutrientes absorvida pela planta. Como exemplo, em área com corte mecanizado, pode ocorrer maior compactação do solo, em relação à área com corte ma-

nual. Nesse caso, os níveis da maioria dos nutrientes concentrados na folha da planta, provenientes da área de corte manual, são geralmente maiores que daqueles das áreas de corte mecanizado.

Em relação à influência da compactação na redução da produtividade da cana e na infiltração da água em solo argiloso, os valores são da ordem de 43% de redução da produtividade, de um corte para outro, e de 16,6% de redução na infiltração (Bellinaso, 2000). A redução da infiltração da água no solo é um dos aspectos mais graves, além da perda de produtividade da cana. Com a compactação do solo, praticamente 50% da água da chuva não penetra no solo, e essa umidade pode fazer falta no ciclo da cultura.

VARIABILIDADE ESPACIAL DA COMPACTAÇÃO

De maneira geral, na cultura de cana, a profundidade de compactação tem ficado na faixa de 40-50 cm, como observado em trincheiras. A manifestação da compactação nos solos é irregular e varia de acordo com a profundidade e as atividades sobre a superfície do solo. Trabalhando em área de reforma, em solo argiloso da região de Araras, Capelli (2002) obteve a variabilidade espacial da compactação nas profundidades de 0-15, 15-30 e 30-50, nas quais as cores mais claras indicam menor compacta-

ção, e as mais fortes, mais compactação. Após o corte da cana, a área foi preparada somente com grade de 28", e não se fez preparo profundo na ocasião. A variabilidade espacial da camada 0-15 cm indica pouca compactação, com tons mais claros de verde. Por outro lado, a camada intermediária é a mais compactada, enquanto que a terceira camada indica menor compactação.

Como a compactação não pode ser evitada, mas pode ser atenuada, é necessário o conhecimento de alguns parâmetros que podem auxiliar nas tomadas de decisão, em relação ao manejo. Uma questão que deve ser considerada e esclarecida se refere ao nível suportável da compactação, no qual a produtividade da cana seja satisfatória. Em relação a esse tópico, os trabalhos de Bellinaso (2000) têm apresentado alguns indícios, relacionando a produtividade com os valores da densidade limite, em solo argiloso de baixa atividade (Tabela 4). Nota-se que, no valor da densidade, na faixa de até 1,35 g/cm³, a produtividade ainda é alta. Quando o valor da densidade do solo aumenta, a produtividade cai drasticamente, chegando a 41,7% de queda.

Com base nessas informações, foi desenvolvida a Tabela 5, que indica os níveis de compactação, em função da densidade e do teor de argila.

MANEJO PARA ATENUAR COMPACTAÇÃO

As opções de manejo para atenuar os níveis de compactação passam por uma série de medidas preventivas, desde a liberação das áreas para reforma, envolvendo as operações de preparo e plantio, assim como as operações de safra e de cultivo. Como foi visto anteriormente, após o preparo profundo do solo e antes do plantio, é necessário mantê-lo coberto com culturas secundárias, ou mesmo com ervas daninhas. Previamente ao plantio, deve-se proceder a gradeação leve de pré-plantio, se for o caso,

TABELA 3 | INFLUÊNCIA DA UMIDADE NA COMPACTAÇÃO E NA PRODUTIVIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR, EM SOLO ARGILOSO

| DENSIDADE | UMIDADE | PRODUTIVIDADE | REDUÇÃO |
|-------------------|---------|---------------|---------|
| g/cm ³ | mm | t/ha | % |
| 1,32 | 0 | 105 | 0 |
| 1,34 | 14,3 | 103 | 3 |
| 1,38 | 21,4 | 100 | 6 |
| 1,42 | 32,1 | 90 | 15 |

Fonte: Bellinaso (2000)



TABELA 4 | VARIAÇÕES DA PRODUTIVIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR, EM FUNÇÃO DO AUMENTO DA DENSIDADE DO SOLO

| PRODUTIVIDADE | | | DENSIDADE DO SOLO | |
|---------------|--------|------------|-------------------|------------|
| | t/ha | Variação % | g/cm ³ | Variação % |
| Máximo | 102,68 | 29,7 | Mínimo | 1,26 |
| Mínimo | 72,15 | | Máximo | 1,47 |
| Máximo | 126,26 | 41,7 | Mínimo | 1,27 |
| Mínimo | 73,54 | | Máximo | 1,46 |
| Máximo | 145,69 | 33,3 | Mínimo | 1,38 |
| Mínimo | 97,13 | | Máximo | 1,54 |

Fonte: Bellinaso, 2000.

TABELA 5 | NÍVEIS DE COMPACTAÇÃO, EM FUNÇÃO DO TEOR DE ARGILA E DA DENSIDADE

| TEOR DE ARGILA | NÍVEIS DE COMPACTAÇÃO (DENSIDADE) | | | |
|----------------|-----------------------------------|----------|--------|--------------|
| | Ausente | Moderada | Severa | Muito severa |
| % | g/cm ³ | | | |
| Maior 60 | 1,00 | 1,20 | 1,40 | 1,70 ou > |
| 35-60 | 1,10 | 1,30 | 1,50 | 1,70 ou > |
| 25-34 | 1,30 | 1,40 | 1,50 | 1,70 ou > |
| 15-24 | 1,50 | 1,55 | 1,60 | 1,70 ou > |
| Até 15 | 1,60 | 1,65 | 1,70 | 1,75 ou > |



ou usar glifosato. Durante e após o plantio, é necessário levar-se em consideração que operações com o solo úmido tendem a compactar.

O grande incremento da compactação se dá durante o primeiro corte. Nesse caso, todo cuidado é válido para preservar o preparo do solo; um tráfego leve tende a reduzir a compactação. O importante é preservar o solo da compactação pelo tempo mais longo possível, observando a umidade e reduzindo a pressão de contato com o solo. Além dos cuidados relacionados ao trabalho sobre o solo úmido, um planejamento adequado de safra pode atenuar o problema da compactação. No planejamento de safra, havendo possibilidade de se trabalhar com diferentes texturas de solo, deve-se iniciar e terminar a safra em solo mais arenoso.

Durante o período seco, deve-se trabalhar nos solos argilosos. Em regiões onde predominam 100% de solos argilosos, deve-se trabalhar nos solos eutróficos, durante o período seco, e nos ácricos, no período úmido. Por outro lado, os equipamentos de colheita podem fazer a diferença nos níveis de compactação. Tanto o transbordo quanto a colhedora de esteira compactam menos que os equipamentos com pneus.

O uso de transbordo ou de caminhão na remoção da cana do talhão pode alterar sensivelmente os níveis de produtividade. Bellinaso (2000) observou redução de produtividade no segundo corte de 3,8% (comparado com o testemunha, quando usou transbordo com pneu de baixa pressão), e redução de 11,4%, quando usou caminhão com pneu convencional. O tráfego na linha ou na

entrelinha da cana apresenta níveis de queda de produtividade diferentes, havendo redução de 2,1% na produtividade de um corte para outro (usando equipamento de transbordo e trafegando na entrelinha da cana) e de 6% com tráfego na linha de cultivo da cana.

Com caminhão, as quedas foram mais sensíveis: 6,7% quando trafegou na entrelinha e 11,5% na linha de cana, com um total de redução de 16% na produtividade, o correspondente a 20 t/ha de cana, em um único corte. A umidade, assim como o tipo de atividade sobre o solo, pode causar diferentes níveis de rebaixamento, em relação à superfície do solo. O caminhão, trafegando em solo úmido, poderá rebaixar a superfície do solo em 20,6 cm (contra 18,5 cm em solo seco), enquanto o transbordo dotado de Telleborg, em 13,2 cm (ou 11,6 cm em solo seco).

A umidade altera sensivelmente o nível de compactação e, em consequência, a produtividade. Simulando a precipitação, Bellinaso (2000) observou queda, na faixa de até 15% na produtividade, quando comparou a retirada da cana no talhão com o solo seco e com chuva de 32 mm. A densidade passou de 1,32 para 1,42 g/cm³ e a produtividade decresceu de 105 para 90 t/ha (Tabela 3).

Como se verifica, o fator umidade do solo é de fundamental importância no manejo da compactação. Por outro lado, é possível também atenuar a compactação, usando adequadamente a pressão dos pneus. Em solo úmido com umidade na faixa de 11% a 22%, a densidade pode variar de 1,3 a 1,62 g/cm³, dependendo da pressão dos pneus, com a mesma densidade de carga.

A palha, em regiões onde a produtividade não é afetada, é uma excelente opção para se atenuarem os efeitos maléficos da compactação. Além de agir como amortecedor, mantém a umidade, favorecendo o desenvolvimento no solo de organismos que auxiliam na melhoria da infiltração da água e no desenvolvimento



Área erodida; Macatuba, SP; 1986

radicular. Após o corte da cana e a liberação da área, pode-se proceder à operação de cultivo, quando as condições de umidade permitirem. Essa operação tem diversos objetivos, entre eles nivelar o terreno, dar condições para maior eficiência dos herbicidas, incorporar o adubo quando necessário e, o mais importante, aumentar a infiltração da água no solo.

O cultivo durante o período seco não é indicado, pois tende a eliminar a umidade remanescente do solo e reduzir a produtividade. Em tais situações, sugere-se aguardar umidade — ainda a melhor opção — ou aplicar o adubo sobre a linha da cana, usando como fonte nitrogenada o nitrato ou sulfato de amônio. Finalmente, é necessário disciplinar os operadores quanto a iniciarem ou pararem as operações de plantio, de colheita e de cultivo, em função da umi-

TABELA 6 | PESO DE RAIZ E TONELAGEM DE CANA EM EXPERIMENTO COM TIPO DE SULCADOR EM SOLO ARENOSO*

| VARIETADES | SULCADOR | | SULCADOR | |
|------------|---------------------------------|------------|--------------|------------|
| | Convencional | Subsolador | Convencional | Subsolador |
| | Peso raízes (0-65 cm) (t/ha) | | t cana/ha | |
| SP70-1143 | 7,7 | 9,8 | 126 | 143 |
| SP71-1406 | 6,7 | 7,0 | 117 | 189 |
| SP71-799 | 7,5 | 8,1 | 175 | 201 |
| SP71-6163 | 6,5 | 8,2 | 173 | 202 |

*Plantio: abril 1984; 1º corte: julho 1985

dade do solo. Em relação à colheita, e levando-se em consideração que não se consegue nível zero de compactação, deve-se insistir para que haja adequado controle de tráfego sobre os talhões. Tal prática implica tentar, da melhor maneira possível, o tráfego na entrelinha da cana.

COMPACTAÇÃO EM SOLO ARENOSO

Os solos arenosos podem ser compactados, em certas situações. Resultados a respeito de tipos de sulcadores para o plantio indicaram queda de produtividade, quando se compararam o sulcador convencional com o sulcador subsola-

dor (Tabela 6), em solo arenoso, na região de Quatá. A explicação para esse fato se deve à compactação nas laterais e fundo do sulco, ocasionada pelo sulcador convencional.

RECUPERAÇÃO DE ÁREAS ERODIDAS

Um dos grandes desafios, na área de manejo de solos, refere-se à recuperação de solos erodidos, principalmente por erosão laminar. Dependendo do grau de erosão e do tipo de solo, a recuperação pode ser feita rapidamente (dois a três anos). Em situações em que a erosão atingiu as camadas mais profundas do solo, o tempo de recuperação pode ser maior. De maneira geral, uma erosão laminar da mesma intensidade, num solo com baixo gradiente textural, é mais fácil de recuperar do que num solo podzolizado, com exposição do horizonte B. Da mesma maneira, um solo eutrófico é mais fácil de ser recuperado do que um solo de baixa fertilidade.

Com o objetivo de estudar tal aspecto, foi simulada erosão laminar, através de raspagens em solo podzolizado arenoso, na região de Quatá- SP. A área foi raspada em 15 e 30 cm e, nesses patamares, foram instalados tratamentos para recuperação da fertilidade e produtividade, em comparação com a área sem raspagem (testemunha). Foi plantada cana-de-açúcar em 1996, e colhidos três cortes. Os tratamentos constaram de adubação normal de plantio (40-130-130 kg/ha de N-P₂O₅-K₂O) e de soqueira (90-0-120 kg/ha de N-K₂O), assim como do uso de 8, 16 e 24 t/ha de torta de filtro, aplicadas no sulco e em área total, e subparcelas com e sem nematicida (Furadan, 8 l/ha). Todos os tratamentos receberam adubações normais de plantio e de soqueira. Os resultados indicaram que, após os três cortes, a produtividade das áreas raspadas não atingiu os valores de produtividade da testemunha sem raspagem, apesar de todos os esforços feitos. Por outro lado, a ação da matéria orgânica associada ao


adubo foi o melhor tratamento, quando comparado com a testemunha.

OS SOLOS COESOS DO NORDESTE

A maioria dos solos da região Nordeste é originada de material da “formação Barreiras”. Independentemente de sua formação – se Latossolos, solos podzolizados ou Cambissolos – têm características especiais: são, quando secos, extremamente duros (coesos) e friáveis, quando úmidos, além de serem, na maioria dos casos, distróficos ou mesmo álicos, sob mata. Devido à falta de Ca e Mg, a fração argila é facilmente dispersa em água, com as seguintes conseqüências: aumento da erosão; translocação da argila em profundidade, entupindo parcial ou totalmente os poros e causando redução na infiltração; encharcamento temporário no sulco de plantio, mortandade de raízes e aumento na densidade; alteração da estrutura, quando os solos são mobilizados com umidade. Sendo assim, pode-se considerar que tais solos são coesos, densos e, por isso mesmo, especiais. A presença de camadas densas em profundidade variável, tais como fragipã e duripã, pode dificultar em muito seu manejo. As principais opções de manejo são:

- A sulcação nos tabuleiros pode ser reta, desde que sejam tomados cuidados, em relação aos abusos na declividade do sulco.
- Introdução de eletrólitos, o que pode ser feito com o uso do calcário. Nesse caso, Ca e Mg tendem a flocular as argilas, mantendo-as mais estáveis.
- Uso do gesso como alternativa para melhorar a infiltração nesses solos coesos. Trabalhos têm indicado (Summer, 1992) que o uso do gesso, em solos coesos e com bloqueamento de poros em profundidade, melhora sensivelmente a infiltração.
- Recuperação química, tanto na superfície como na subsuperfície, se faz necessária, associada ao uso de culturas secundárias e ao preparo con-

vencional. Posteriormente, pode-se optar pelo plantio direto ou preparo reduzido.

- Na presença de camadas endurecidas próximas à superfície, a subsolagem profunda pode auxiliar a melhorar a infiltração. Em casos extremos, é necessária a drenagem.
- Devido à extrema coesão no período seco, não se recomenda o cultivo. Nesse caso, a aplicação de adubo deve ser feita sobre a linha de cana.
- Uma alternativa para se evitar o estresse de seca no plantio de inverno é roçar a cana entre novembro e dezembro.
- O plantio de verão (setembro a janeiro), associado com irrigação, tem sido excelente opção de manejo para esses solos. Cuidados devem ser tomados para que essa atividade não aumente as pragas do solo, assim como a compactação, em caso de irrigação suplementar para aumento da produtividade. 

** José Luiz Ioriatti Demattê é professor aposentado do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas USP/ESALQ. (jlid@terra.com.br).*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BELLINASSO, I. F. Compactação do solo. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, 8. Anais... Piracicaba: Copersucar, 2000.
- BELLINASSO, I. F. A compactação e o preparo do solo para o plantio da cana-de-açúcar. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, 7. Piracicaba: Copersucar, 1997.
- CÁCERES, N. T.; ALCARDE, J. C. Adubação verde com leguminosas em rotação com cana-de-açúcar. STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos, v. 13.
- CAPPELLI, F. Compactação do solo. In: SEMINÁRIO DE MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA. Perda de Produtividade. Ribeirão Preto: STAB, 2002.
- COPERSUCAR. Potencial de compactação do solo. Piracicaba: 1995. (Informe Agrícola, 37).
- SUMMER, M.E. Uso atual do gesso no mundo em solos ácidos. In: SEMINÁRIO SOBRE USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2. Uberaba, MG, Ibratos/Potatos, 1992.