

Capítulo 8

Manejo da Cultura do Milho

José Carlos Cruz
Israel Alexandre Pereira Filho
Ramon Costa Alvarenga
Miguel M. Gontijo Neto
João Herbert Moreira Viana
Maurílio Fernandes de Oliveira
Derli Prudente Santana

8.1 Introdução

Dentre os cereais cultivados no Brasil, o milho é o mais expressivo, com cerca de 40,8 milhões de toneladas de grãos produzidos, em uma área de aproximadamente 12,55 milhões de hectares (CONAB, 2006), referente a duas safras, normal e safrinha. Por suas características fisiológicas, a cultura do milho tem alto potencial produtivo, já tendo sido obtida produtividade superior a 16 t ha^{-1} , em concursos de produtividade de milho conduzidos por órgãos de assistência técnica e extensão rural e por empresas produtoras de semente. No entanto, o nível médio nacional de produtividade é muito baixo, cerca de 3.250 kg ha^{-1} , demonstrando que os diferentes sistemas de produção de milho deverão ser ainda bastante aprimorados para se obter aumento na produtividade e na rentabilidade que a cultura pode proporcionar.

8.2 Condições climáticas

O período de crescimento e desenvolvimento do milho é limitado pela água, temperatura e radiação solar ou luminosidade. A cultura do milho necessita que os índices dos fatores climáticos, especialmente a temperatura, precipitação pluviométrica e fotoperíodo, atinjam níveis considerados ótimos, para que o seu potencial genético de produção se expresse ao máximo.

8.2.1 Temperatura

A temperatura possui uma relação complexa com o desempenho da cultura, uma vez que a condição ótima varia com os diferentes estádios de crescimento e desenvolvimento da planta.

A temperatura da planta é basicamente a mesma do ambiente que a envolve. Devido a esse sincronismo, flutuações perió-

dicas influenciam os processos metabólicos que ocorrem no interior da planta. Nos momentos em que a temperatura é mais elevada, o processo metabólico é mais acelerado e, nos períodos mais frios, o metabolismo tende a diminuir. Essa oscilação metabólica ocorre dentro dos limites extremos tolerados pela planta de milho, compreendidos entre 10°C e 30°C. Abaixo de 10°C, por períodos longos, o crescimento da planta é quase nulo e, sob temperaturas acima de 30°C, também por períodos longos, durante a noite, o rendimento de grãos decresce, em razão do consumo dos produtos metabólicos elaborados durante o dia. Temperaturas noturnas elevadas, por longos períodos, causam diminuição do rendimento de grãos e provocam senescência precoce das folhas.

A temperatura ideal para o desenvolvimento do milho, da emergência à floração, está compreendida entre 24°C e 30°C. Comparando-se temperaturas médias diurnas de 25°C, 21°C e 18°C, verificou-se que o milho obteve maior produção de matéria seca e maior rendimento de grãos na temperatura de 21°C. A queda do rendimento, sob temperaturas elevadas, deve-se ao curto período de tempo de enchimento de grãos, em virtude da diminuição do ciclo da planta.

A planta de milho precisa acumular quantidades distintas de energia ou simplesmente unidades calóricas necessárias a cada etapa de crescimento e desenvolvimento. A unidade calórica é obtida através da soma térmica necessária para cada etapa do ciclo da planta, desde o plantio até o florescimento masculino. O somatório térmico é calculado através das temperaturas máximas e mínimas diárias, sendo 30°C e 10°C, respectivamente, as temperaturas referenciais para o cálculo. Com relação ao ciclo, as cultivares são classificadas em normais ou tardias, semiprecoces,

precoces e superprecoces. As cultivares normais apresentam exigências térmicas correspondentes a 890-1200 graus-dias (G.D.), as precoces, de 831 a 890, e as superprecoces, de 780 a 830 . Essas exigências calóricas se referem ao cumprimento das fases fenológicas compreendidas entre a emergência e o início da polinização. Dos materiais existentes, hoje, no mercado, 25,25% são classificados como hiperprecoces e superprecoces. As cultivares classificadas como precoces representam 65% e as cultivares semiprecoces e normais representam 14,75 % das opções de mercado, respectivamente.

8.2.2 Umidade do solo

O milho é uma cultura muito exigente em água. Entretanto, pode ser cultivado em regiões onde as precipitações vão desde 250 mm até 5000 mm anuais, sendo que a quantidade de água consumida pela planta, durante seu ciclo, está em torno de 600 mm. O consumo de água pela planta, nos estádios iniciais de crescimento, num clima quente e seco, raramente excede 2,5 mm dia⁻¹. Durante o período compreendido entre o espigamento e a maturação, o consumo pode se elevar para 5 a 7,5 mm diários. Mas se a temperatura estiver muito elevada e a umidade do ar muito baixa, o consumo poderá chegar até a 10 mm dia⁻¹.

A ocorrência de déficit hídrico na cultura do milho pode ocasionar danos em todas as fases. Na fase do crescimento vegetativo, devido ao menor alongamento celular e à redução da massa vegetativa, há uma diminuição na taxa fotossintética. Após o déficit hídrico, a produção de grãos é afetada diretamente, pois a menor massa vegetativa possui menor capacidade fotossintética. Na fase do florescimento, a ocorrência de dessecação dos estilos-estigmas (aumento do grau de protandria), aborto dos sacos em-

brionários, distúrbios na meiose, aborto das espiguetas e morte dos grãos de pólen resultarão em redução no rendimento. Déficit hídrico na fase de enchimento de grãos afetará o metabolismo da planta e o fechamento de estômatos, reduzindo a taxa fotossintética e, conseqüentemente, a produção de fotossimilados e sua translocação para os grãos.

8.2.3 Fotoperíodo

Dentre os componentes climáticos que afetam a produtividade do milho, está o fotoperíodo, representado pelo número de horas de luz solar, o qual é um fator climático de variação sazonal, mas que não apresenta muita variação de ano para ano. O milho é considerado uma planta de dias curtos, embora algumas cultivares tenham pouca ou nenhuma sensibilidade às variações do fotoperíodo.

Um aumento do fotoperíodo faz com que a duração da etapa vegetativa aumente e proporcione também um incremento no número de folhas emergidas durante a diferenciação do pendão e do número total de folhas produzidas pela planta.

Nas condições brasileiras, o efeito do fotoperíodo na produtividade do milho é praticamente insignificante.

8.2.4 Radiação solar

A radiação solar é um dos parâmetros de extrema importância para a planta de milho, sem a qual o processo fotossintético é inibido e a planta é impedida de expressar o seu máximo potencial produtivo. Grande parte da matéria seca do milho, cerca de 90%, provém da fixação de CO_2 pelo processo fotossintético. O milho é uma planta do grupo C_4 , altamente eficiente na utilização

da luz. Uma redução de 30% a 40% da intensidade luminosa, por períodos longos, atrasa a maturação dos grãos ou pode ocasionar até mesmo queda na produção.

Em uma pesquisa avaliando a produção de sementes, verificou-se que o milho semeado em outubro teve redução na produtividade e no rendimento de sementes beneficiadas, quando comparado com a semeadura em março, que apresentou 60% a mais na produtividade e maiores valores no rendimento de beneficiamento nas peneiras 24, 22 e 20 e menores na peneira 18 e no resíduo final. Essa diferença foi atribuída ao fato de o período de enchimento de grãos do milho semeado em outubro ter ocorrido no mês de janeiro, quando se constatou um longo período com alta nebulosidade, com grande frequência de período chuvoso durante o dia, ou seja, com redução na radiação fotossinteticamente ativa, necessária para implementar o processo fotossintético.

8.3 Época de semeadura

O período de crescimento e desenvolvimento é afetado pela umidade do solo, temperatura, radiação solar e fotoperíodo. A época de plantio é função desses fatores, cujos limites extremos são variáveis em cada região agroclimática. A época de semeadura mais adequada é aquela que faz coincidir o período de floração com os dias mais longos do ano e a etapa de enchimento de grãos com o período de temperaturas mais elevadas e alta disponibilidade de radiação solar. Isto, considerando satisfeitas as necessidades de água pela planta. Trabalho de pesquisa mostra que as épocas em que o rendimento de grãos foi maior e mais estável foram aquelas em que os estádios de desenvolvimento de quatro folhas totalmente desenvolvidas e a floração ocorreram sob boas condi-

ções de água no solo. Nas condições tropicais, devido à menor variação da temperatura e do comprimento do dia, a distribuição de chuvas é que geralmente determina a melhor época de semeadura.

No Sul do Brasil, o milho geralmente é plantado de agosto a setembro e, à medida que se caminha para os estados do Centro-Oeste e Sudeste, a época de semeadura varia de outubro a novembro. Resultados de pesquisa mostram que atraso na época de plantio além dos meses de setembro - outubro resulta em redução no ciclo da cultura e no rendimento de grãos. A época de semeadura afeta várias características da planta, ocorrendo um decréscimo mais acentuado no número de espigas por planta (prolificidade) e no rendimento de grãos. Vários resultados da literatura mostram que o atraso na semeadura pode resultar em perdas que podem ser superiores a $60 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$. Essa tendência pode ser revertida se não houver déficit hídrico e ocorrer uma redução na temperatura do ar, nos meses de fevereiro e março.

Por ser plantado no final da época recomendada, o milho safrinha tem sua produtividade bastante afetada pelo regime de chuvas e por fortes limitações de radiação solar e temperatura, na fase final de seu ciclo. Além disso, como o milho safrinha é plantado após uma cultura de verão, a sua data de plantio depende da época do plantio dessa cultura e de seu ciclo. Assim, o planejamento do milho safrinha começa com a cultura do verão, visando liberar a área o mais cedo possível. Quanto mais tarde for o plantio, menor será o potencial e maior o risco de perdas por seca e/ou geadas.

Hoje, com os avanços dos trabalhos na área de climatologia, o Brasil já tem um zoneamento agrícola (elaborado pelo Ministé-

rio da Agricultura Pecuária e Abastecimento) que fornece informações sobre as épocas de plantio de milho tanto na safra como na safrinha, com menores riscos, para quase todo o país.

Nas regiões onde não ocorrem geadas, o plantio do milho poderá ser feito o ano todo, mas o agricultor deverá levar em consideração as alterações no ciclo da cultura, que afetarão a época de colheita e, conseqüentemente, o calendário agrícola, podendo afetar a época de plantio de culturas subseqüentes, como mostrado na Tabela 8.1. Além disto, o potencial produtivo pode variar de acordo com as condições climáticas resultantes da época de plantio.

Tabela 8.1. Variação do ciclo da cultura de milho em função da época de plantio, para a produção de milho verde.

<i>Época de sementeira</i>	<i>Cultivar</i>		
	Normal	Precoce	Superprecoces
<i>05 de fevereiro</i>	124	117	108
<i>05 de março</i>	134	129	127
<i>06 de abril</i>	145	140	138
<i>05 de maio</i>	139	138	137
<i>08 de junho</i>	138	133	131
<i>09 de junho</i>	146	134	125
<i>12 de agosto</i>	124	119	118
<i>08 de setembro</i>	125	118	115
<i>07 de outubro</i>	115	112	106
<i>08 de novembro</i>	116	112	107
<i>09 de dezembro</i>	115	115	112

Fonte: Sans et al., citados por Pereira Filho & Cruz (1993).

Experimento com milho irrigado, realizado no Rio Grande do Sul, mostrou que os rendimentos de grãos foram, em média, 15% e 48% inferiores na semeadura de agosto e dezembro, respectivamente, em relação à de outubro. Essas diferenças foram atribuídas a alterações na quantidade de radiação solar disponível, em decorrência da época de plantio. No plantio em dezembro, a alta percentagem de plantas estéreis pode também ter contribuído para o baixo rendimento de grãos.

8.4 Profundidade de semeadura

A profundidade de semeadura está condicionada aos fatores temperatura do solo, umidade e tipo de solo. A semente deve ser colocada numa profundidade que possibilite um bom contato com a umidade do solo. Entretanto, a maior ou menor profundidade de semeadura vai depender do tipo de solo. Em solos mais pesados, com drenagem deficiente ou com fatores que dificultam o alongamento do mesocótilo, dificultando a emergência de plântulas, as sementes devem ser colocadas entre 3 e 5 cm de profundidade. Já em solos mais leves ou arenosos, as sementes podem ser colocadas mais profundas, entre 5 e 7 cm de profundidade, para se beneficiarem do maior teor de umidade do solo.

No sistema plantio direto, onde há sempre um acúmulo de resíduos na superfície do solo, especialmente em regiões mais frias, a cobertura morta retarda a emergência, reduz o estande e, em alguns casos, pode até causar queda no rendimento de grãos da lavoura, dependendo da profundidade em que a semente foi colocada. A Tabela 8.2 mostra o efeito da profundidade de semeadura sobre a emergência, o vigor e a duração do período de emergência na cultura do milho.

Contrário a uma crença popular, a profundidade de semeadura tem influência mínima na profundidade do sistema radicular definitivo, que se estabelece logo abaixo da superfície do solo.

Tabela 8.2. Percentagem de emergência, vigor e duração do período de germinação de sementes de milho, em diferentes profundidades.

Profundidade (cm)	Emergência (%)	Vigor¹	Duração média (dias)
2.5	100.0	3.0	8.0
5.0	97.5	3.0	10.0
7.5	97.5	3.0	12.0
10.0	80.0	2.5	15.0
12.5	32.5	0.7	18.0

Fonte: Adaptado de Fagundes (1975), citado por Bresolin (1993).

¹Vigor aos 22 dias após semeadura. Notas: 3.0 para o máximo vigor a zero para mínimo vigor.

8.5 Densidade de plantio

A densidade de plantio, ou estande, definida como o número de plantas por unidade de área, tem papel importante no rendimento de uma lavoura de milho, uma vez que pequenas variações na densidade têm grande influência no rendimento final da cultura.

O milho é a gramínea mais sensível à variação na densidade de plantas. Para cada sistema de produção, existe uma população que maximiza o rendimento de grãos. A população ideal para maximizar o rendimento de grãos de milho varia de 30.000 a 90.000 plantas.ha⁻¹, dependendo da disponibilidade hídrica, da fertilidade do solo, do ciclo da cultivar, da época de semeadura e do

espaçamento entre linhas. Vários pesquisadores consideram o próprio genótipo como principal determinante da densidade de plantas. O aumento da densidade de plantas até determinado limite é uma técnica usada com a finalidade de elevar o rendimento de grãos da cultura do milho. Porém, o número ideal de plantas por hectare é variável, uma vez que a planta de milho altera o rendimento de grãos de acordo com o grau de competição intra-específica proporcionado pelas diferentes densidades de planta.

O rendimento de uma lavoura aumenta com a elevação da densidade de plantio, até atingir uma densidade ótima, que é determinada pela cultivar e por condições externas resultantes de condições edafoclimáticas do local e do manejo da lavoura. A partir da densidade ótima, quando o rendimento é máximo, aumento na densidade resultará em decréscimo progressivo na produtividade da lavoura. A densidade ótima é, portanto, variável para cada situação e, basicamente, depende de três condições: cultivar, disponibilidade hídrica e do nível de fertilidade de solo. Qualquer alteração nesses fatores, direta ou indiretamente, afetará a densidade ótima de plantio.

Além do rendimento de grãos, o aumento da densidade de plantio também afeta outras características da planta. Dentre essas características, merecem destaque a redução no número de espigas por planta (índice de espigas) e o tamanho da espiga. Também o diâmetro do colmo é reduzido e há maior susceptibilidade ao acamamento e ao quebramento. Além disso, é reconhecido que pode haver um aumento na ocorrência de doenças, especialmente as podridões de colmo, com o aumento na densidade de plantio. Esses aspectos podem determinar o aumento de perdas na colheita, principalmente quando esta é mecanizada. Por essas razões, às vezes deixa-se de recomendar densidades maiores, que,

embora em condições experimentais, apresentam maiores rendimentos, não são aconselhadas em lavouras colhidas mecanicamente.

A densidade de plantio, dentre as técnicas de manejo cultural, é um dos parâmetros mais importantes. Geralmente, a causa dos baixos rendimentos de milho é o baixo número de plantas por área. Entretanto, para que haja um aumento da produtividade, é necessário que vários outros fatores, como o nível de fertilidade do solo, o nível de umidade e as cultivares estejam em consonância com o número de plantas por área. Em termos genéricos, verifica-se que cultivares precoces (ciclo mais curto) exigem maior densidade de plantio, em relação a cultivares tardias, para expressarem seu máximo rendimento. A razão dessa diferença é que cultivares mais precoces, geralmente, possuem plantas de menor altura e menor massa vegetativa. Essas características morfológicas determinam um menor sombreamento dentro da cultura, possibilitando, com isto, menor espaçamento entre plantas, para melhor aproveitamento de luz. Mesmo dentre os grupos de cultivares (precoces ou tardios), há diferenças quanto à densidade ótima de plantio.

Uma análise de mais de 270 cultivares de milho comercializadas na safra 2006/07 mostra que as variedades são indicadas para plantios com densidades variando de 40.000 a 50.000 plantas por hectare, o que é coerente com o menor nível de tecnologia dos sistemas de produção empregados pelos agricultores que usam esse tipo de cultivar. As faixas de densidades mais freqüentemente recomendadas para os híbridos duplos variam de 45 a 55 mil, havendo casos de recomendação até de 65 mil plantas por ha. Para os híbridos triplos e simples, é freqüente a densidade de 50 a 60 mil plantas por hectare, havendo casos de

recomendação de até 80 mil plantas por ha. Deve ser ressaltado, entretanto, que apenas 23 cultivares são recomendadas com densidades de plantio igual ou maior do que 70 mil plantas por hectare. A maioria das empresas já recomenda densidades de plantio em função da região, da altitude e da época de plantio. Além disso, já existem empresas recomendando a densidade em função do espaçamento, o que representa uma evolução. Dados de pesquisa mostram vantagens do espaçamento reduzido (45 a 50 cm entre fileiras) comparado ao espaçamento convencional (80 a 90 cm), especialmente quando se utilizam densidades de plantio mais elevadas.

O surgimento de novas cultivares de milho de ciclo mais curto, estatura reduzida, menor número de folhas e folhas mais eretas aumentou o potencial de resposta da cultura à densidade de plantas.

O aumento e o arranjo da população de plantas podem contribuir para a correta exploração do ambiente e do genótipo, com conseqüências no aumento do rendimento de grãos. O arranjo de plantas pode ser manipulado basicamente por meio de alterações na densidade de plantas e no espaçamento entre fileiras.

A interceptação da radiação fotossinteticamente ativa pelo dossel exerce grande influência sobre o rendimento de grãos da cultura do milho, quando outros fatores ambientais são favoráveis. Uma forma de aumentar a interceptação de radiação e, conseqüentemente, o rendimento de grãos, é mediante a escolha adequada do arranjo de plantas. Teoricamente, o melhor arranjo de plantas de milho é aquele que proporciona distribuição mais uniforme de plantas por área, possibilitando melhor utilização de luz, água e nutrientes.

Atualmente, a redução no espaçamento entre linhas e o aumento da densidade de plantio é uma realidade na cultura de milho, no Brasil, encontrando-se, no mercado, inclusive, plataformas adaptáveis às colhedoras que realizam a colheita em espaçamentos de até 0,45 m.

Com relação à disponibilidade hídrica e à disponibilidade de nutrientes, observa-se que a densidade deve ser aumentada sempre que esses fatores forem otimizados, para que seja atingido o máximo rendimento de grãos.

Em situações de áreas irrigadas, ou quando não há restrições hídricas, é aconselhável usar o limite superior da faixa da densidade recomendada. Um fator importante quando se usa alta densidade de plantio é assegurar que a cultivar usada apresenta grande resistência ao acamamento e ao quebraamento.

De forma análoga ao suprimento hídrico, quanto maior for a disponibilidade de nutrientes para as plantas, seja pela fertilidade natural do solo ou por adubação, maior será a densidade para se alcançar o máximo rendimento. As interações mais frequentes entre o nível de fertilidade e a densidade de semeadura se dão principalmente com a adubação nitrogenada.

8.6 Espaçamento entre fileiras

Ainda é muito variado o espaçamento entre fileiras de milho nas lavouras, embora seja nítida a tendência de sua redução.

Entre as vantagens potenciais da utilização de espaçamentos mais estreitos, podem ser citados o aumento do rendimento de grãos, em função de uma distribuição mais equidistante de plantas na área, aumentando a eficiência de utilização de luz solar, água e

nutrientes, melhor controle de plantas daninhas, devido ao fechamento mais rápido dos espaços disponíveis, diminuindo, dessa forma, a duração do período crítico das plantas daninhas, redução da erosão, em consequência do efeito da cobertura antecipada da superfície do solo, melhor qualidade de plantio, por meio da menor velocidade de rotação dos sistemas de distribuição de sementes e maximização da utilização de plantadoras, uma vez que diferentes culturas, como, por exemplo, milho e soja, poderão ser plantadas com o mesmo espaçamento, permitindo maior praticidade e ganho de tempo. Tem sido também mencionado que os espaçamentos reduzidos permitem melhor distribuição da palhada de milho sobre a superfície do solo, após a colheita, favorecendo o sistema de plantio direto.

Diversos trabalhos têm mostrado tendência de maiores produções de grãos em espaçamentos mais estreitos (45 e 50 cm), principalmente com os híbridos atuais, que são de porte mais baixo e arquitetura mais ereta. Essa redução no espaçamento resulta também em maior peso de grãos por espiga. Esse comportamento se deve ao fato de os milhos atuais terem características de porte mais baixo, melhor arquitetura foliar e menor massa vegetal, o que permite cultivos mais adensados em espaçamentos mais fechados. Devido a essas características, esses materiais exercem menores índices de sombreamento e captam melhor a luz solar.

Uma avaliação de diferentes cultivares de milho, espaçamento e densidade de plantio mostrou que o rendimento de grãos cresceu com o aumento da densidade de plantio, em ambos os espaçamentos (reduzido e normal), demonstrando que poderia se aumentar ainda mais a produtividade com o aumento na densidade de plantio; entretanto, no espaçamento de 0,50 m entre fileiras, a produtividade apresentou maior ampliação quan-

do se passou de 40.000 plantas. ha⁻¹ para 77.500 plantas.ha⁻¹ do que no espaçamento de 0,80 m, indicando que a redução de espaçamento é mais vantajosa quando se utilizam maiores densidades de plantio, comprovando mais uma vez que o benefício das linhas mais estreitas aumenta à medida que aumenta a população de plantas.

Quando se pensa em diminuir o espaçamento entre linhas e/ou aumentar a densidade de plantas por área, a escolha do híbrido deve ser criteriosa. Geralmente, os híbridos ou as variedades de porte alto e ciclo longo produzem bastante massa e quase sempre não proporcionam um bom arranjo das plantas dentro da lavoura e, por essa razão, já no início do crescimento é prejudicada a captação da luz. Os híbridos de menor porte, mais precoces, desenvolvem pouca massa vegetal, com menor quantidade de auto-sombreamento, o que proporciona maior penetração da luz solar. Essas plantas permitem cultivo em menores espaçamentos e maiores densidades.

Uma das dificuldades para o uso de espaçamentos mais estreitos eram as colheitadeiras, que, muitas vezes não se adaptavam a essa situação. No entanto, hoje, com a evolução do parque de máquinas agrícolas, esse problema já não existe.

8.7 O milho em sistema de plantio direto

Em termos de modernização da agricultura brasileira, a utilização do sistema de plantio direto é uma realidade inquestionável e a participação da cultura do milho em sistemas de rotação e sucessão (safrinha) de culturas, para assegurar a sustentabilidade de sistemas de plantio direto, é fundamental. A área plantada no sistema de plantio direto tem aumentado rapidamente, no Brasil, principalmente nos últimos anos. Estima-se que, hoje, o sistema

de plantio direto cubra mais de 25 milhões de hectares, ou seja, cerca de 50% da área com culturas anuais no país. O sistema de plantio direto consolidou-se como uma tecnologia conservacionista, largamente aceita entre os agricultores, havendo sistemas adaptados a diferentes regiões e aos diferentes níveis tecnológicos, do grande ao pequeno agricultor que usa a tração animal. Requer cuidados na implantação, mas, depois de estabelecido, seus benefícios se estendem não apenas ao solo e, conseqüentemente, ao rendimento das culturas e à competitividade dos sistemas agropecuários, mas, também, devido à drástica redução da erosão, reduz o potencial de contaminação do meio ambiente e dá ao agricultor maior garantia de renda, pois a estabilidade da produção é ampliada, em comparação aos métodos tradicionais de manejo de solo. Por seus efeitos benéficos sobre os atributos físicos, químicos e biológicos do solo, pode-se afirmar que o plantio direto é uma ferramenta essencial para se alcançar a sustentabilidade dos sistemas agropecuários.

A cultura do milho tem a vantagem de deixar uma grande quantidade de restos culturais que, uma vez bem manejados, podem contribuir para reduzir a erosão e melhorar o solo. Desta forma, sua inclusão em um esquema de rotação é fundamental. A sustentabilidade de um sistema de produção não está apoiada apenas em aspectos de conservação e preservação ambiental, mas também nos aspectos econômicos e comerciais.

8.7.1 Rotação de culturas

A rotação envolvendo as culturas da soja e do milho merece especial atenção, devido às extensas áreas que essas duas culturas ocupam e ao efeito benéfico em ambas as culturas. Nessa rotação, como se observa na Tabela 8.3, o milho plantado após a

soja produziu cerca de 9% mais e a soja plantada após o milho produziu 5 e 15% mais, quando comparados com os plantios contínuos.

Existem experimentos demonstrando os efeitos benéficos do milho se estendendo até ao segundo ano da soja plantada após a rotação (Tabela 8.4). Nesse exemplo, a soja produziu 20,3% mais no primeiro ano após o milho e 10,5% no segundo. Essa diferença foi atribuída, além da menor incidência de pragas e doenças, à maior quantidade de nutrientes deixados pela palha do milho, principalmente o potássio, que é muito exigido pela soja. Na escolha de uma rotação de culturas, especial atenção deve ser dada às exigências nutricionais das espécies escolhidas e à sua capacidade de extrair nutrientes do solo, no que a soja e milho se complementam satisfatoriamente.

Tabela 8.3. Efeito da rotação soja-milho sobre o rendimento dessas culturas.

<i>Rotação</i>	<i>Rendimento (kg ha⁻¹)</i>	
<i>Milho após milho</i>	9.680 (100%)	6.160 (100%)
<i>Milho após soja</i>	10.520 (109%)	6.732 (109%)
<i>Soja após soja</i>	3.258 (100%)	2.183 (100%)
<i>Soja após milho</i>	3.425 (105%)	2.517 (115%)

Fonte: Adaptado de Cruz (1982) e de Muzilli(1981), citado por Derpsch (1986)

Na implantação e na condução de um sistema eficiente de plantio direto, é indispensável que o esquema de rotação de culturas promova, na superfície do solo, a manutenção permanente de uma quantidade mínima de palhada, que nunca deverá ser inferior a 2,0 t ha⁻¹ de matéria seca. Como segurança, recomenda-se que sejam adotados sistemas de rotação que produzam, em média, 6,0 t ha⁻¹ ano⁻¹ ou mais de matéria seca. A cultura do milho, de ampla adaptação a diferentes condições, tem ainda a vantagem

de deixar uma grande quantidade de restos culturais, que, uma vez bem manejados, podem contribuir para reduzir a erosão e melhorar o solo.

Tabela 8.4. Rendimento de grãos de soja, em kg ha⁻¹, no primeiro e segundo anos após milho, comparado ao rendimento da soja sem rotação, conduzidos em sistema de plantio direto.

Tratamentos	1987/88	1988/89	1989/90	1990/91	1991/92	1992/93	1993/94	Média
1º ano após milho	1.838	3.366	3.980	1.883	4.456	4.691	2.746	3.280
2º ano após milho	1.499	3.234	3.730	1.716	4.340	3.979	2.589	3.012
Sem milho	1.440	3.180	3.724	1.136	3.663	3.565	2.378	2.727

Adaptado de Ruedell (1995)

No sul do Brasil, devido às condições climáticas mais favoráveis, há maiores opções de rotação de culturas, envolvendo tanto as culturas de verão como as de inverno. No Brasil Central, as condições climáticas, com quase total ausência de chuvas entre os meses de maio e agosto, dificultam a existência de cultivos de inverno, exceto em algumas áreas com microclima adequado ou com agricultura irrigada. Essa situação dificulta ou deixa poucas opções para o estabelecimento de culturas comerciais ou mesmo culturas de cobertura, isto é, culturas cuja finalidade principal é aumentar o aporte de restos culturais sobre a superfície do solo, exigindo que essas tenham características peculiares, como um rápido desenvolvimento inicial e maior tolerância à seca.

8.7.2 Culturas de cobertura

No início do sistema de plantio direto, é importante priorizar a cobertura e o perfil de fertilidade do solo, principalmente se as áreas apresentarem um certo grau de degradação. Durante o seu crescimento e desenvolvimento, as espécies de cobertura contribuem efetivamente para a proteção do solo, bem como para a manutenção de seus resíduos vegetais (palhada) na superfície do solo. A cobertura vegetal (viva ou morta) representa a essência do Sistema de Plantio Direto-SPD, pois tem efeito na interceptação das gotas de chuva, evitando o impacto direto sobre a superfície do solo, reduzindo a desagregação das partículas, que é a fase inicial do processo erosivo, reduz a velocidade de escoamento das enxurradas, melhora ou mantém a capacidade de infiltração de água, reduzindo o efeito da desagregação do solo, e evitando o selamento superficial, provocado pela obstrução dos poros com partículas finas desagregadas. Além disso, protege o solo da radiação solar, diminui a variação térmica do solo, reduzindo a evaporação de água e favorecendo o desenvolvimento de microorganismos, além de ajudar no controle de plantas daninhas.

Dentre as espécies utilizadas como cultura de cobertura, algumas merecem destaque, por seus benefícios físico-químicos ao solo, entre elas a aveia-preta, a ervilhaca-peluda e o nabo-forrageiro, como plantas antecessoras de inverno.

As culturas de milho e da aveia integradas e de forma planejada, no sistema de rotação, proporcionam alto potencial de produção de fitomassa, com elevada relação C/N, garantindo a manutenção de cobertura do solo, dentro da quantidade mínima preconizada e por maior tempo de permanência na superfície.

Diversos trabalhos de pesquisa relatam o efeito de culturas de cobertura sobre a produtividade e a resposta à adubação nitrogenada, na cultura do milho. O uso generalizado do sistema de plantio direto e de culturas de cobertura, no sul do País, criou a necessidade de recomendação da adubação nitrogenada para a cultura do milho adaptada a esse novo cenário.

No Brasil Central, as condições climáticas, com quase total ausência de chuvas entre os meses de maio e agosto, dificultam os cultivos de inverno, exceto em algumas áreas com microclima adequado ou com agricultura irrigada. Essa situação dificulta ou deixa poucas opções para o estabelecimento de culturas comerciais ou mesmo culturas de cobertura, isto é, culturas cuja finalidade principal é aumentar o aporte de restos culturais sobre a superfície do solo, exigindo que estas tenham características peculiares, como um rápido desenvolvimento inicial e maior tolerância à seca.

Em regiões de clima tropical, temperatura e umidade elevadas favorecem a rápida decomposição dos resíduos vegetais, dificultando a formação de uma camada adequada de cobertura morta. Além do aumento na velocidade de decomposição do material vegetal, provocada pelas altas temperaturas, as culturas anuais não produzem quantidade suficiente de fitomassa, sendo rapidamente metabolizada pelos microrganismos do solo. Sem cobertura, o solo se adensa mais facilmente, retém menor quantidade de água, atinge facilmente altas temperaturas e fica mais suscetível à erosão, comprometendo o sistema. Portanto, na seleção de espécies destinadas à cobertura do solo em Sistema de Plantio Direto-SPD, deve-se levar em consideração a quantidade e a qualidade dos resíduos vegetais, bem como sua capacidade de reciclagem de nutrientes, com impacto direto nos atributos químicos, físicos

e biológicos do solo e na resposta das culturas subseqüentes em Sistema de Plantido Direto-SPD.

Pesquisa com várias opções de rotação de culturas de verão (safra normal) e de safrinha, na região de Rio Verde, GO, mostrou que as maiores produtividades de milho ocorrem sobre as palhadas de algodão, girassol, guandu e nabo forrageiro, enquanto que, para a cultura da soja, as melhores respostas foram sobre as palhadas de milho, aveia, sorgo e milheto.

Hoje, sistemas de integração lavoura-pecuária envolvendo culturas e forrageiras, principalmente as braquiárias, apresentam essas condições e representam uma excelente alternativa envolvendo a cultura do milho e o sistema em plantio direto.

Um exemplo é o Sistema Santa Fé. Nesse sistema, quando as condições climáticas permitem, cultivam-se seqüencialmente uma a duas culturas solteiras por ano e uma última, a safrinha, consistindo de um consórcio de uma cultura com uma gramínea forrageira. A exploração agrícola, nessas condições, caracteriza-se por um cultivo solteiro no início da estação chuvosa, seja soja, milho, ou arroz, e um cultivo de safrinha de milho ou sorgo associado a uma forrageira, comumente a *Brachiaria brizantha*. Geralmente, utiliza-se como cultura de safrinha o milho, sorgo ou milheto, também em plantio direto. Como resultado, têm-se, a partir do segundo ano ou mais de cultivo, solos agricultáveis corrigidos, com altos níveis de fertilidade e fisicamente estruturados. Essas áreas, inicialmente de fertilidade comprometida, passam a apresentar altos teores de matéria orgânica, baixos níveis de acidez e elevada infiltração de água no solo, em relação às áreas onde ainda se utilizam práticas de cultivo tradicionais. Outro enfoque do Sistema Santa Fé é sua implantação anual, em regiões onde as

condições climáticas não permitem a safrinha, consistindo no cultivo consorciado de culturas anuais como milho, sorgo e milheto, com espécies forrageiras, principalmente as braquiárias, em áreas agrícolas, em solos parcial ou devidamente corrigidos. As práticas que compõem o sistema minimizam a competição precoce da forrageira, evitando redução do rendimento das culturas anuais, permitindo, após a colheita destas, uma produção forrageira abundante e de alta qualidade para a alimentação animal, além de palhada em quantidade e qualidade para a realização do plantio direto na safra seguinte. Esse assunto será melhor discutido em capítulo sobre integração lavoura-pecuária.

8.7.4 Milho safrinha x sistema de plantio direto

A implantação do milho safrinha, no final do período chuvoso, deixa o agricultor na expectativa de ocorrência de déficit hídrico durante o ciclo da cultura. Assim, toda estratégia de manejo do solo deve levar em consideração propiciar maior quantidade de água disponível para as plantas. Nesse caso, sempre que possível, deve-se optar pelo sistema de plantio direto, pois oferece maior rapidez nas operações, principalmente no plantio realizado simultaneamente à colheita, permitindo o plantio o mais cedo possível. Além disso, um sistema de plantio direto, com adequada cobertura da superfície do solo, permitirá o aumento da infiltração da água no solo e a redução da evaporação, com conseqüente aumento no teor de água disponível para as plantas. Em algumas áreas de plantio direto, já se constatou aumento do teor de matéria orgânica do solo, afetando a curva de retenção de umidade e aumentando ainda mais o teor de umidade para as plantas.

Embora exista uma grande diversidade de preparo de áreas para o cultivo do milho na segunda safra, predomina o emprego

do plantio direto permanente (PDP) ou temporário (PDT), visando antecipar a implantação do milho "safrinha". No preparo direto temporário, realiza-se a semeadura direta do milho "safrinha" e o preparo convencional para a soja. Nesse caso, no verão, tem sido freqüente o preparo com grades.

Em áreas com grande infestação de plantas daninhas, no momento da colheita da soja, e quando o agricultor não dispõe de máquina para semeadura direta, utiliza-se o preparo com grades no outono-inverno. Uma desvantagem da grade aradora é que provoca grande pulverização do solo. Além disso, o uso da grade continuamente no verão e na safrinha, por anos sucessivos, pode provocar a formação do "pé-de-grade", uma camada compactada logo abaixo da profundidade de corte da grade, a 10-15 cm. Essa camada reduz a infiltração de água no solo, o que, por sua vez, irá favorecer maior escoamento superficial e, conseqüentemente, a erosão do solo e a redução da produtividade do milho safrinha (Tabela 8.5).

Tabela 8.5. Rendimento de grãos da soja e do milho "safrinha", em latossolo roxo, em Tarumã, SP, no ano agrícola 1995/96, após dez anos de implantação de sistemas de manejo do solo.

Manejo do solo	Rendimento de grãos			
	Safrinha de soja		Safrinha de milho	
	kg ha ⁻¹	%	kg ha ⁻¹	%
<i>Grade aradora/ Grade aradora</i>	2.579	78	4.678	77
<i>Esc. mais niveladora/G. niveladora</i>	3.130	94	5.404	89
<i>Esc. + G. niveladora/ semeadura na palha</i>	3.144	95	5.682	94
<i>Sistema plantio direto.</i>	3.310	100	6.046	100

Fonte: DeMaria et al. (1999)

8.8 Considerações gerais

A cultura do milho, por sua versatilidade, adapta-se a diferentes sistemas de produção. Devido à grande produção de fitomassa de alta relação C/N, a cultura é fundamental em programas de rotação de culturas em sistemas de plantio direto. Embora o milho apresente alto potencial de produção, comprovado nos concursos de produtividade e por agricultores que utilizam alto nível tecnológico, o seu rendimento, no Brasil, ainda é muito baixo. Levando, ainda, em consideração a qualidade e o potencial da semente de milho disponível, com predominância dos híbridos simples, verifica-se que é fundamental um aperfeiçoamento dos sistemas de produção para que esses materiais possam expressar ao máximo seu potencial genético, alcançando altas produtividades em sistema de produção sustentáveis.

8.9 Referências

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. da; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho : análise do estado-da-arte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 6, p. 1075-1084, 2001.

BRESOLIN, M. A semeadura do milho no RS. In: BRESOLIN, M. (Coord.). **Contribuições a cultura do Milho para o Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Fundação de Ciência e Tecnologia, 1993. p. 44-69

COELHO, A. M.; CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. Rendimento do milho no Brasil: chegamos ao máximo? **Informações Agro-nômicas**, Piracicaba, n. 101, março. 2003. Encarte Técnico.

CONAB. **Acompanhamento da safra 2005/2006** - Quinto levantamento. [Brasília, DF.], abr. 2006. 28 p.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. Hora da escolha. **Cultivar**; Grandes Culturas, Pelotas, v. 7, n. 77, set. 2005. Milho. Caderno Técnico Cultivar, Pelotas, n. 77, p. 4-11, set. 2005. Encarte.

CRUZ, J. C.; PERREIRA FILHO, I. A.; ALVARENGA, R. C.; SANTANA, D. P. Plantio Direto e Sustentabilidade do Sistema Agrícola. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 13-24, jan/fev. 2001.

DERPSCH, R. **Rotação de culturas**; plantio direto e convencional. São Paulo: Ciba-Geigy, 1986. Não paginado.

DeMARIA, I. C.; DUARTE, A. P.; CANTARELLA, H.; PECHE FILHO, A.; POLISINI, G. Caracterização de lavouras de milho "safira" no Vale do Paranapanema. In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO "SAFIRA".5., 1999, Barretos. **Anais...** Campinas: IAC, 1999. p. 229-238

DUARTE, A. P.; CRUZ, J. C. Manejo do solo e semeadura do milho safrinha. In : SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 6.; CONFERENCIA NACIONAL DE POS COLHEITA SAG-MERCOSUL, 2.; SIMPOSIO EM ARMAZENAGEM DE GRÃOS DO MERCOSUL, 2., 2001, Londrina. **Valorização da produção e conservação de grãos no MERCOSUL**- A cultura do milho safrinha. Londrina : IAPAR, 2001. p. 45-71.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360 p.

PEREIRA FILHO I. A.; CRUZ, J. C. Práticas culturais do milho. In: EMBRAPA. **Recomendações técnicas para o cultivo do milho**. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI, 1993. p. 113-127.

RUEDELL, J. **Plantio direto na região de Cruz Alta**. Cruz Alta: FUNDACEP-FECOTRIGO, 1995. 134 p.

SANGOI, L. Understanding plant density effects on maize growth and development: na important issue to maximize grain yield. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 1, p.159-168, 2000.