



Milho

Cultivo do Milho

Dados Sistema de Produção

Sumário

Plantio

Embrapa Milho e Sorgo

Sistema de Produção, 1

ISSN 1679-012X 1

Versão Eletrônica
9ª edição | Nov/2015



Cultivo do Milho

Plantio

Dentre os cereais cultivados no Brasil, o milho é o mais expressivo, com cerca de 75,455 milhões de toneladas de grãos produzidos em uma área de aproximadamente 15,466 milhões de hectares (Conab, 2014) 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 17ton/ha 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 esta por volta de cerca de 4.864 kg ha⁻¹, ainda considerado baixo pelo potencial produtivo da cultura, demonstrando que o manejo cultural do milho deve ser ainda bastante aprimorado para se obter aumento na produtividade e na rentabilidade que a cultura pode proporcionar.

O plantio de uma lavoura deve ser muito bem planejado, pois determina o inicio de um processo de cerca de 120 a 130 dias que afetará todas as operações envolvidas, além de determinar as possibilidades de sucesso ou insucesso da lavoura. É por ocasião do plantio que se define o espaçamento entre linhas e a densidade de plantio para garantir uma boa produtividade. Esta característica não é tão importante em outras culturas com grande capacidade de perfilhamento, como arroz, trigo, aveia, sorgo e outras gramíneas, ou de maior habilidade de produção de floradas, como feijão e soja. Isto faz com que o agricultor tenha especial atenção especial com plantio, de forma a assegurar um plantio com maiores chances de alcançar maiores produtividade e rentabilidade.

Neste contexto, a escolha e o cuidado com as plantadoras representam um importante elemento dentro do processo de produção, uma vez que afetam a distribuição e a localização do adubo, a distribuição de sementes nas fileiras e a profundidade de plantio, o espaçamento entre fileiras, determinando a qualidade do plantio e seu efeito sobre as operações subseqüentes e a produtividade da lavoura.

O milho também desempenha importante papel em sistema de plantio direto e nos últimos anos tem também se destacado na integração lavoura-pecuária devido às inúmeras aplicações que este cereal tem dentro da propriedade agrícola, quer seja na alimentação animal na forma de grãos ou de forragem verde ou conservada, na alimentação humana ou na geração de receita mediante a comercialização da produção excedente. Outro ponto importante são as vantagens comparativas do milho em relação a outros cereais ou fibras no que diz respeito ao consórcio dele com forrageiras.

Introdução

O cultivo do milho no Brasil é bastante expressivo, não só pelo volume de grãos produzidos, mas também pela área plantada que chega ao redor de 15 milhões de hectare referentes a duas safras, normal e safrinha. Por suas características fisiológicas a cultura do milho tem alto potencial produtivo, já

tendo obtida no Brasil produtividade superior a $17t\ ha^{-1}$, em áreas de cooperativas no Rio Grande do Sul, por órgãos de assistência técnica e extensão rural e por empresas produtoras de semente. No entanto, o nível da média nacional de produtividade é muito baixo, cerca de $5.500\ kg\ ha^{-1}$ demonstrando que os diferentes sistemas de produção de milho devem ser mais aprimorados para se obter altas produtividades rentáveis e com sustentabilidade.

Condições climáticas

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

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 periódicas influenciam nos 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. As temperaturas ideais do solo para a cultura de milho estariam entre 25 e $30\ ^\circ C$, sendo que temperaturas do solo inferiores a $10\ ^\circ C$ ou superiores a $40\ ^\circ C$ ocasionam prejuízo sensível à germinação. Por ocasião da floração, temperaturas médias superiores a $26\ ^\circ C$ aceleram o desenvolvimento dessa fase, e as inferiores a $15,5^\circ C$ o retardam. Cada grau acima da temperatura média de $21,1\ ^\circ C$ nos primeiros 60 dias após a semeadura pode acelerar o florescimento entre dois e três dias. Quando a temperatura é superior a $35\ ^\circ C$ ocorre diminuição da atividade da enzima redutase do nitrato, podendo alterar o rendimento e a composição proteica dos grãos. Durante a polinização, temperaturas acima de $33\ ^\circ C$ reduzem sensivelmente a germinação do grão de pólen. Verões com temperatura média diária inferior a $19\ ^\circ C$, e noites com temperatura média inferior a $12,8\ ^\circ C$ não são recomendados para a produção de milho. Por outro lado, temperaturas noturnas superiores a $24\ ^\circ C$ proporcionam um aumento da respiração, ocasionando uma diminuição da taxa de fotossíntese e uma consequente redução da produção, além de provocar senescência precoce das folhas. Temperaturas inferiores a $15\ ^\circ C$ retardam a maturação dos grãos.

Comparando-se temperaturas médias diurnas de $25\ ^\circ C$, $21\ ^\circ C$ e $18\ ^\circ C$, verificou-se que o milho obteve maior produção de matéria seca e maior rendimento de grãos na temperatura de $21\ ^\circ C$. A queda do rendimento sob temperaturas elevadas se deve 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 (U.C.) 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 $30\ ^\circ C$ e $10\ ^\circ C$, respectivamente, as temperaturas referenciais para o cálculo.

Com relação ao ciclo, as cultivares são classificadas pelas empresas produtoras de sementes em normais ou tardias, semiprecoces, precoces e superprecoces. As cultivares normais apresentam exigências térmicas correspondentes a $890-1200$ graus-dia (G.D.), as precoces, de 831 a 890 , e as

superprecoces, de 780 a 830 G.D. Essas exigências calóricas se referem ao cumprimento das fases fenológicas compreendidas entre a emergência e o início da polinização.

De acordo com o Zoneamento Agrícola para a cultura de milho, as cultivares eram classificadas, em função do ciclo, em três grupos:

Grupo I - necessita até 780 U.C. (precoce).

Grupo II - necessita entre 780 e 860 U.C. (ciclo médio).

Grupo III - necessita mais que 860 U.C. (ciclo tardio).

A partir da safra 2009/10, para efeito de simulação, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento classifica as cultivares em três grupos de características homogêneas: Grupo I ($n < 110$ dias); Grupo II ($n = 110$ dias e $= 145$ dias); e Grupo III ($n > 145$ dias), onde "n" expressa o número de dias da emergência à maturação fisiológica.

Altitude

A altitude tem um efeito direto na temperatura, tanto diurna como noturna, afetando tanto a fotossíntese como a respiração. Para as condições brasileiras, o milho plantado em maiores altitudes apresenta maior número de dias para atingir o pendoamento, aumentando o ciclo e apresentando maior rendimento de grãos. Aumentando o período de enchimento de grãos, conseqüentemente aumentará a produtividade, em temperaturas máximas menores e mais próximas da temperatura ótima. E menores temperaturas noturnas reduzem a taxa de respiração, o que resultará na redução do ponto de compensação (ponto em que a fotossíntese e a respiração são idênticas), o que também implica no aumento da produtividade. Uma análise sobre avaliação de cultivares em diferentes regiões do Brasil mostrou que os ensaios plantados em regiões com altitude superior a 700 m apresentaram maior rendimento (7.429 kg/ha) e florescimento masculino de 65 dias, comparados com os ensaios plantados em altitudes abaixo de 700 m, que apresentaram rendimento de 6.473 kg/ha e florescimento masculino de 65 dias.

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 5.000 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. 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 10 mm/dia.

A ocorrência de déficit hídrico na cultura do milho pode ocasionar danos em todas as fases. Na fase do crescimento vegetativo, o dano se verifica pelo menor alongamento celular e pela redução da massa vegetativa, com diminuição na taxa fotossintética. Após o déficit hídrico, a produção de grãos também é afetada diretamente, pois com menor massa vegetativa a planta possui menor capacidade fotossintética. Na fase do florescimento, a ocorrência de dessecação dos estilos-estigmas (aumento do grau de protandria), de aborto dos sacos embrionários, de distúrbios na meiose, de aborto

das espiguetas e de 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.

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.

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 CO₂ pelo processo fotossintético. O milho é uma planta do grupo C₄, 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 intensificar o processo fotossintético.

Época de semeadura

Embora não tenha custo adicional, o plantio de milho feito na época correta afeta diretamente a produção e a produtividade da lavoura e, conseqüentemente, o lucro do agricultor. O atraso no plantio dificulta também diversas operações agrícolas, como o controle de pragas e plantas daninhas, além de aumentar a ocorrência e a severidade de doenças, e é apontado como um dos principais fatores responsáveis pela baixa produtividade, principalmente do pequeno e médio produtor.

O período de crescimento e desenvolvimento é afetado pela umidade do solo, pela temperatura, pela radiação solar e pelo fotoperíodo. A época de plantio é em função destes 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 foram maiores e mais estáveis foram aquelas em que os estádios de desenvolvimento de quatro folhas totalmente desenvolvidas e de floração ocorreram sob boas condições de água no solo. Nas condições tropicais, devido a 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 do Sudeste, a época de semeadura na safra varia de outubro a novembro. Resultados de pesquisa mostram que atraso na época de plantio além dos meses de setembro - outubro resultam 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 kg/ha/dia. Essa tendência pode ser revertida se não houver déficit hídrico e ocorrer uma redução na temperatura do ar, nos meses de fevereiro - março.

Comparando as épocas de plantio das lavouras com produtividades superiores a 8.000 kg ha⁻¹, pesquisadores da Embrapa Milho e Sorgo verificaram que na região sul do Brasil, no Rio Grande do Sul, lavouras obtiveram maiores rendimentos com o plantio mais cedo. Cerca de 90% da área é plantada nos meses de agosto e setembro. Em Santa Catarina, 80% dos plantios são realizados também nos meses de agosto e setembro. Esses resultados caracterizam-se pelo fato de serem locais com clima característico de regiões subtropicais. No Estado do Paraná, os resultados observados mostram que a época de plantio das lavouras de maiores rendimentos se concentra nos meses de setembro e outubro.

Na região Sudeste, as épocas de plantio das lavouras de milho de alta produtividade concentram-se nos meses de outubro e novembro, chegando a cerca de 80% das lavouras com produtividade acima de 8.000 kg ha⁻¹. O mesmo ocorre nos estados da região Centro-Oeste, onde as melhores lavouras de milho são plantadas, principalmente, nos meses de outubro e novembro. Já para os estados da região Nordeste, para as lavouras de alta produtividade na Bahia e no Piauí, principalmente, a época de plantio concentra-se no final do mês de novembro e principalmente no mês de dezembro. Na região Norte do país, lavouras com alta produtividade (acima de 8 mil kg/ha) foram registradas apenas no Estado do Pará, sendo que em 70% das lavouras de alta produtividade, a época de plantio neste estado ocorreu em janeiro. Com a análise dos levantamentos, pode-se concluir que as diferenças edafoclimáticas de cada região influenciam muito na tomada de decisão da época de plantio da cultura de milho, na safra normal.

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.

Uma análise por estado mostrou que nos estados do PR e do MS as maiores frequências de altos rendimentos de milho safrinha foram obtidas em plantio entre a primeira quinzena de fevereiro e a primeira quinzena de março. Em MT e GO as maiores frequências de altos rendimentos são obtidos no mês de fevereiro, sendo que em GO se concentram mais na primeira quinzena enquanto em MT se concentram na segunda quinzena. No Estado de São Paulo, a época de plantio de maiores quantidades de lavouras de milho estende-se até o mês de abril (Figura 1).

Hoje, com os avanços nos trabalhos na área de climatologia, o Brasil já tem um Zoneamento Agrícola para o milho, elaborado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, que fornece informações sobre as épocas de plantio, 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 subsequentes, como mostrado na Tabela 1. Além disto, o potencial produtivo pode variar de acordo com as condições climáticas resultantes da época de plantio.

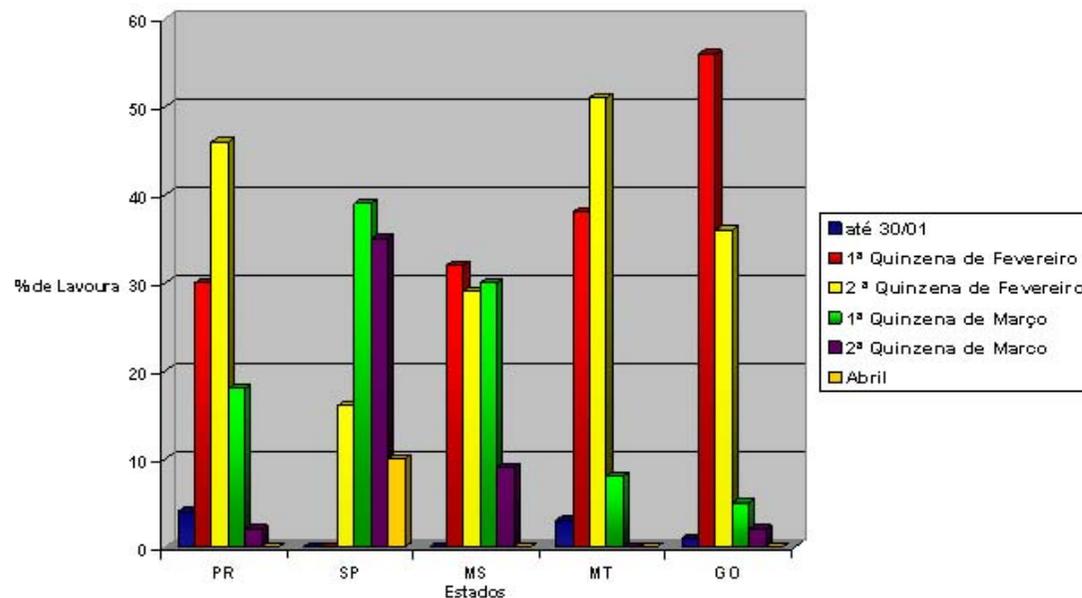


Figura 1. Distribuição percentual, por estado, das lavouras de altas produtividades de milho safrinha em diferentes épocas de plantio (amostragem de 1.024 lavouras). Fonte: CRUZ et al. (2010).

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 porcentagem de plantas estéreis em função da competição interespecífica pode também ter contribuído para o baixo rendimento de grãos.

Tabela 1. Variação do ciclo da cultura de milho em função da época de plantio, para a produção de milho-verde, no Rio Grande do Sul.

Época de semeadura	Normal	Precoce	Superprecoce
05 de fevereiro	124	117	108
05 de março	134	129	127
06 de abril	145	140	138
05 de maio	139	138	137
08 de junho	138	133	131

09 de julho	146	134	125
12 de agosto	124	119	118
08 de setembro	125	118	115
07 de outubro	115	112	106
08 de novembro	116	112	107
09 de dezembro	115	115	112

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

Profundidade da sementeira

A profundidade de sementeira está condicionada aos fatores temperatura do solo, umidade e tipo de solo. A semente deve ser colocada em uma profundidade que possibilite um bom contato com a umidade do solo. Entretanto, a maior ou menor profundidade de sementeira vai depender do tipo de solo. Naqueles mais pesados (argilosos), 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 pode retardar a emergência, reduzir 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 2 mostra o efeito da profundidade de sementeira sobre a emergência, o vigor e a duração do período de emergência na cultura do milho.

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

Tabela 2. Porcentagem de emergência, vigor e duração do período de germinação de sementes de milho em diferentes profundidades.

Profundidade (cm)	Emergência (%)	Vigor ¹	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

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

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

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 recomendada para maximizar o rendimento de grãos de milho varia de 40.000 a 80.000 plantas.ha⁻¹, dependendo da disponibilidade hídrica, da fertilidade do solo, 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 intraespecífica 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 peso médio 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 estas razões, às vezes, deixa-se de recomendar densidades maiores, que embora em condições experimentais apresentem 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. A velocidade de semeadura deve se basear no conhecimento do produtor sobre as condições de operação do equipamento, as condições do solo e as características da plantadeira, e deve ser definida, visando a uniformidade na produtividade e na distribuição da semente.

A densidade de plantio e a distribuição de sementes são também afetadas pela velocidade de plantio. Para plantadeiras a disco recomenda-se velocidades não superiores a 5 Km/h. Estudos apontam perdas de produtividade de até 11% ao aumentar a velocidade de 5 para 10 Km/h em plantadeiras a disco (Tabela 3). Plantadeiras a dedo ou a vácuo podem realizar operações de semeadura com velocidade de até 10 Km/h, desde que as condições de topografia do terreno, umidade e textura do solo permitiam a operação nesta velocidade (é importante consultar o fabricante). De um modo geral, não se recomenda a semeadura em velocidades superiores a 7 Km/h quando se utilizar essas plantadeiras. Aconselha-se que se faça um teste antes da semeadura, operando a plantadeira em diferentes velocidades para, então se escolher a melhor opção, tendo em vista principalmente a uniformidade da profundidade das sementes.

Velocidades acima do recomendado aumentam o número de falhas e duplas e prejudicam a uniformidade da profundidade das sementes. Esses dois fatores reduzem a população de plantas e aumentam o número de plantas dominadas, prejudicando dois dos principais componentes do rendimento: o número de espigas por área e o número de grãos por espiga.

Tabela 3. Média de populações alcançadas com diferentes velocidades de plantio (média de 7 anos e 61 locais).

	Velocidade de plantio (km h ⁻¹)		
	5,0	7,5	10,0
Densidade desejada	55.000 plantas ha ⁻¹		
Densidade na colheita (plantas ha ⁻¹)	52.612	51.131	46.821
% em relação à densidade desejada	95,7	93,0	85,1
Dif. de densidade plantas ha ⁻¹ para 5 km/h	0	-1.481	-5.791
Perdas em % em relação à velocidade de 5 km/h	0	2,8	11,0
Produtividade (kg ha ⁻¹)	9.327	8.589	8.203
Diferença em (kg ha ⁻¹)	0	738	1.124

Fonte: Pioneer Sementes, 2004.

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 desta 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 cerca de 489 cultivares de milho comercializadas na safra 2011/12 mostra que as variedades são indicadas para plantios com densidades variando de 40.000 a 55.000 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 frequentemente recomendadas para os híbridos duplos variam de 50 a 60 mil plantas por ha, havendo casos de recomendação até de 70 mil plantas por ha. Para os híbridos triplos e simples, é frequente a densidade de 55 a 70 mil plantas por ha, havendo casos de recomendação de até 80 mil plantas por ha, principalmente entre os híbridos simples. Deve ser ressaltado que na safra 2009/10 apenas 23 cultivares eram recomendadas com densidades de plantio igual ou maior do que 70 mil plantas por hectare. Nesta safra (2011/12) esse número passou para um pouco mais de 100 híbridos (triplos e simples) representando cerca de 28% de todos os híbridos triplos e simples disponíveis no mercado, independentemente se são ou não transgênicos, mostrando também a importância da densidade de plantio para que as cultivares possam expressar seus potenciais produtivos. Por outro lado a ideia tradicional de se utilizar um saco de sementes para o plantio de um hectare já não é verdadeira, havendo necessidades de se utilizar 1,2 a 1,4 sacos de sementes (com 60.000 sementes) para o plantio de um hectare.

A maioria das empresas já estão recomendando 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.

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 consequências no aumento do rendimento de grãos. O arranjo de plantas basicamente pode ser manipulado através 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 através da 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 quebramento.

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.

Para se conseguir a densidade de plantio adequada e uniforme (Figura 2) por ocasião da colheita, uma série de cuidados deverão ser tomados: (i) utilizar sementes de alta qualidade em termos de poder germinativo e vigor; (ii) realizar o plantio com máquinas e equipamentos de maior qualidade e precisão que, aliados a uma mão de obra melhor qualificada, possibilitará um plantio cada vez mais uniforme, minimizando a ocorrência de falhas (Figura 3), de duas sementes juntas (duplas) e de plantas dominadas (Figura 4); (iii) fazer o tratamento de sementes; (iv) se necessário, fazer aplicação de fungicidas na sementes, especialmente em regiões mais frias onde o processo de germinação e emergência é retardado; (v) plantar na época certa e quando o solo tiver com teor de umidade adequado e (vi) promover a melhoria das condições químicas, físicas e biológicas do solo, facilitando o desenvolvimento e sobrevivência das plântulas.



Figura 2. Plantio com distribuição uniforme, CRUZ et al. (2010).



Figura 3. Distribuição percentual, por estado, das lavouras de altas produtividades de milho safrinha em diferentes épocas de plantio (amostragem de 1.024 lavouras), CRUZ et al. (2010).



Figura 4. Distribuição percentual, por estado, das lavouras de altas produtividades de milho safrinha em diferentes épocas de plantio (amostragem de 1.024 lavouras), CRUZ et al. (2010).

Espaçamento entre fileiras

Ainda é muito variado o espaçamento entre fileiras de milho nas lavouras, embora seja nítida a tendência de sua redução. 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, como é demonstrado na Figura 5.

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, através 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.

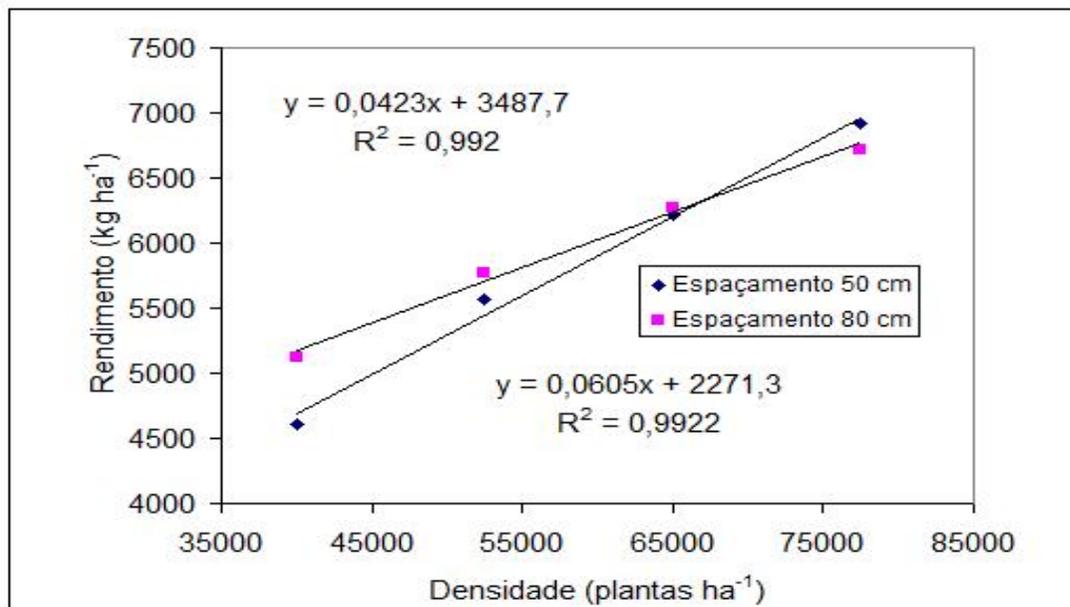


Figura 5. Médias do rendimento de grãos de milho obtidas em dois espaçamentos e quatro densidades de plantas.

Fonte: Cruz et al., 2008.

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 aproveitam 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 se poderia aumentar ainda mais a produtividade, com aumento na densidade de plantio. Entretanto, no espaçamento de 0,50 m entre fileiras, a produtividade apresentou maior ampliação quando 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 (Figura 5). A Tabela 4 mostra o número de sementes por metro linear de sulco para diferentes densidades de semeadura e espaçamentos entrelinhas quando é realizada a regulagem da plantadeira.

Tabela 4. Número de sementes de milho por metro linear de sulco para diferentes densidades de semeadura e espaçamentos entrelinhas.

População desejada	Nº de sementes no plantio	Número de sementes por metro de sulco				
		Espaçamento (cm)				
		50	60	70	80	90

		Cultivo do Milho				
40.000	44.000	2,2	2,6	3,1	3,5	4,0
45.000	49.500	2,5	3,0	3,4	4,0	4,5
50.000	55.000	2,8	3,3	3,8	4,4	5,0
55.000	60.500	3,0	3,6	4,2	4,8	5,4
60.000	66.000	3,3	3,9	4,6	5,3	5,9
65.000	71.500	3,6	4,3	5,0	5,7	6,4
70.000	77.000	3,9	4,6	5,4	5,2	6,9
75.000	82.500	4,1	4,9	5,8	6,6	7,4
80.000	88.000	4,4	5,2	6,2	7,0	7,9

(*) Numero de sementes no plantio, com acréscimo de 10% para compensar perdas durante o ciclo da cultura.

Avaliações realizadas, tanto na safra como na safrinha, em lavouras de alta produtividades, mostraram que, de fato, tem havido um aumento da densidade de plantio e uma redução no espaçamento entre fileiras, entretanto, não se tem verificado uma associação entre esses dois fatores, isto é, um adensamento do plantio associado a uma redução no espaçamento.

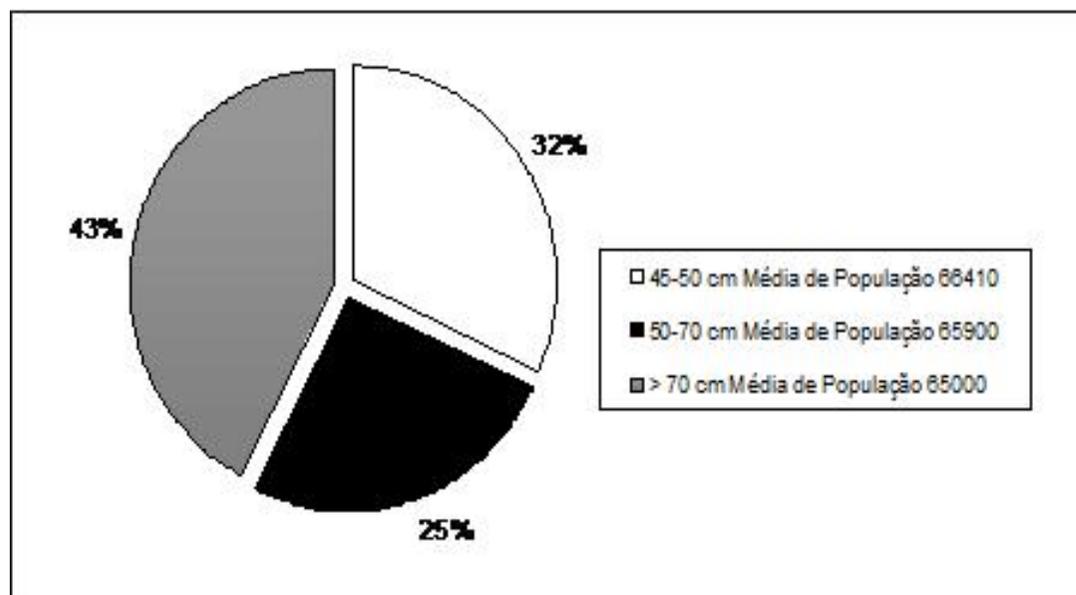


Figura 6. Variação da densidade de plantio do milho e espaçamento entre fileiras em lavouras de altas produtividades, na safra.

Fonte: Cruz et al., 2009.

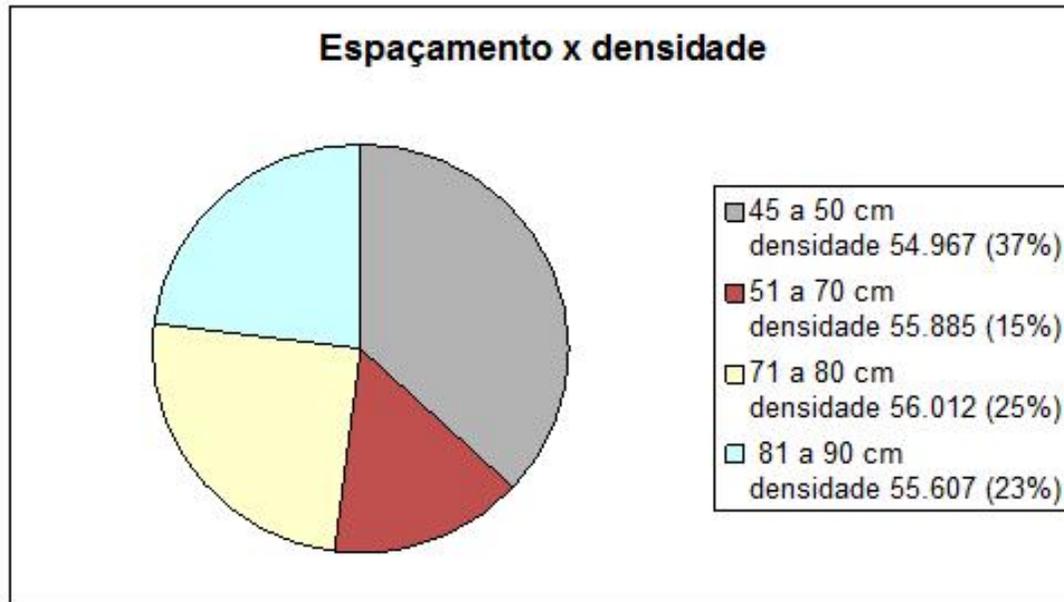


Figura 7. Variação da densidade de plantio do milho e espaçamento entre fileiras em lavouras de altas produtividades, na safrinha.

Fonte: Cruz et al., 2010.

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 autossombreamento, o que proporciona uma maior penetração da luz solar. Estas plantas permitem cultivo em menores espaçamentos e maiores densidades.

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

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 e sucessão de culturas em Sistemas de Plantio Direto, envolvendo ou não sistemas de produção com Integração Lavoura-Pecuária. Embora apresente alto potencial de produção, comprovado nos concursos de produtividade e por agricultores que utilizam alto nível tecnológico, o rendimento de milho, no Brasil, ainda é muito baixo. Considerando, ainda, 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 sistemas de produção sustentáveis.

Plantadoras

No plantio do milho, um importante aspecto é a regulagem da densidade de plantio, onde a densidade ótima que promoverá o rendimento máximo da lavoura, varia basicamente, com a cultivar, e com a disponibilidade de água e nutrientes. Uma análise de mais de 200 cultivares de milho mostrou que a densidade recomendada pode variar de 40.000 a 70.000 plantas por hectare. Neste contexto, as semeadoras representam um importante elemento dentro do processo de produção, uma vez que a produtividade de milho é afetada de forma significativa pelo fator estande. A semeadora pode atuar como um elemento restritivo ao desenvolvimento da cultura do milho e no momento do plantio todo o esforço para melhoria de produtividade pode estar sendo infrutífero; de pouco adianta utilizar sementes de alta qualidade genética, fazer um bom preparo do solo, manter uma fertilidade adequada e controlar pragas e plantas daninhas, se não se obtém uma quantidade de sementes distribuídas para um estande final em torno de 50.000 plantas por hectare. Dessa maneira, se o objetivo é aumentar a produtividade da cultura, a regulagem da semeadora passa a merecer uma atenção especial.

Associado a densidade de plantio está o espaçamento entre fileiras. No Brasil esse espaçamento é muito variável, indo de um metro a 80 cm, mas verifica-se uma tendência de se utilizar cada vez mais os espaçamentos reduzidos pelas seguintes razões: aumento no rendimento de grãos, por propiciar uma distribuição melhor de plantas na área, aumentando a eficiência na utilização de luz solar, água e nutrientes; melhor controle de plantas daninhas, em função do mais rápido fechamento dos espaços disponíveis; e redução da erosão, pela cobertura antecipada da superfície do solo (Cruz, 1999). O objetivo seria utilizar o mesmo espaçamento para o milho e a soja. Para isto já existem colhedoras de milho que permitem a colheita de espaçamentos de até 50 cm.

A ocorrência de densidade de plantio aquém da desejada é comum em plantio direto onde as condições de solo e da semeadora não são favoráveis. Onde há excesso de palha, palhada mal distribuída, microrelevo irregular, normalmente associados a solo com maior teor de umidade do que o adequado, pode haver uma redução na densidade de plantio, além de causar emergência desuniforme e atraso no desenvolvimento inicial. Estes problemas podem ser agravados se a qualidade da semeadora não for boa. Estudos realizados por DELAFOSSE (1986), mostraram que a falta de regularidade de espaçamento entre plantas pode resultar em perdas superiores a 15% na cultura do milho. Além disso, MANTOVANI et al. (1992) avaliaram nove semeadoras de milho e concluíram que, de maneira geral, a distribuição longitudinal de sementes era irregular e fora dos limites aceitáveis, tendendo a se tornar mais irregular, à medida que a velocidade de semeadura aumentava. Sugere-se, nestes casos, aumentar, na regulagem da semeadora, a quantidade de sementes de 5 a 10% comparado com o plantio convencional. Também é importante manter a velocidade de semeadura dentro dos limites recomendados de 4 a 6 km/h. O estabelecimento da densidade de plantio recomendada é também favorecido pelo uso de sementes de melhor qualidade, e de cultivares que apresentem um melhor enraizamento e bom vigor inicial (Cruz, 1999).

Várias marcas e modelos de semeadoras-adubadoras, são disponíveis hoje no mercado brasileiro que basicamente utilizam os seguintes sistemas de distribuição de sementes:

- Pratos ou discos: utiliza discos rotativos perfurados, que devem ser trocados conforme as dimensões das sementes e a quantidade a ser distribuída no solo, além de exigirem regulagem na rotação conforme a velocidade de deslocamento da máquina, permitindo ao agricultor uma regulagem de acordo com o stand desejado, a peneira de classificação do milho. Dedinhos: caracteriza-se por um disco onde se fixam uma série de pequenas chapas curvas, pivotadas, que, sob o efeito de molas, ao mergulhar dentro do leito de sementes, fecham-se, prendendo uma única semente, elevando-a até a cavidade de distribuição. É mais utilizado para sementes graúdas, como é o caso do milho. Este tipo de semeadora também deve ser regulado a exemplo dos outros sistemas.
- Pneumático: opera também com discos dosadores perfurados rotativos, nos quais as sementes aderem a cada furo devido ao vácuo criado por uma corrente de ar que os atravessa, causando a sucção de um ventilador, sendo as sementes liberadas, quando o vácuo é neutralizado por um obturador, e captadas por tubos distribuidores. Como nos outros sistemas, para cada tipo de semente, deve-se dispor de um disco dosador e fazer uma regulagem de velocidade adequada.

A classificação das sementes de milho também é um importante fator a ser considerado, uma vez que pode comprometer o desempenho das semeadoras, principalmente das que utilizam o sistema de distribuição de sementes tipo disco perfurado, pois o formato das sementes é bem variável, podendo dificultar o preenchimento das células e a escolha dos discos.

O tratamento de sementes de milho com inseticidas, utilizado para combater pragas de solo durante o plantio, altera a rugosidade da superfície delas, pelo aumento do ângulo de repouso, afetando o desempenho da semeadora, pela dificuldade de movimentação no depósito e também nos sistemas distribuidores (discos ou dedos prensores). Uma maneira de contornar este problema de escoamento pode ser o uso de uma substância inerte lubrificante, como o grafite, que diminua tanto o coeficiente de atrito entre as sementes como destas com a parede do reservatório. De acordo com Mantovani et al(1999) a dose de grafite indicada para uso no depósito é de no mínimo , 4 g/kg de sementes.

Equipamentos para plantio direto

Basicamente, existem 3 tipos de máquinas de plantio direto: as que utilizam enxada rotativa, as que utilizam discos e as que utilizam facas.

Máquinas com enxada rotativa

Esta máquina possibilita uma boa distribuição e incorporação de adubo em faixa e é bastante resistente. Para as culturas de milho e soja, a semente é lançada rente ao solo, atrás das lâminas. Em culturas de espaçamento estreito, como trigo, as "botas" longas são substituídas por "botas" curtas, para evitar embuchamento com resíduos da cultura anterior

Apresenta as seguintes desvantagens:

1. Demanda tratores de alta potência;Desgaste rápido das lâminas de corte em solos abrasivos;Dificuldade de trabalho em solos ondulados;
2. Rendimento relativamente baixo.

Máquina com discos

Os equipamentos de plantio direto com sistema de disco, disponíveis no mercado brasileiro, são, na sua maioria , de arrasto e conseqüentemente a sua penetração no solo é feita individualmente, devido ao fato de os discos de corte serem montados na barra porta-ferramenta, com a finalidade de acompanhar as pequenas ondulações do terreno. Este sistema demanda tratores de menor potência, comparado com os sistemas que utilizam enxada rotativa e o seu sucesso depende do teor de umidade do solo no plantio

Máquinas com facas

Este sistema é o mais simples e o mais barato que existe, já sendo utilizado em algumas máquinas convencionais para plantio direto, e os resultados mostram as seguintes dificuldades:

- movimentação excessiva do solo e consumo desnecessário de combustível; maior formação de torrões, principalmente em condições mais secas; mau funcionamento de herbicida residual; má colocação de sementes;
- problemas de embuchamento onde há muita palha.

Com algumas modificações, muitas vezes simples, nas máquinas convencionais, pode-se eliminar ou pelo menos minimizar esses problemas. Para as áreas de plantio direto de milho, deve-se empregar semeadoras com sulcadores (facão), visando eliminar compactações na linha e colocar o adubo em maior profundidade.

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 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.

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 (Tabela 5). Nessa rotação, como se observa na tabela 1, 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 6). Neste 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, no qual a soja é exigente. 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 5. Efeito da rotação soja milho sobre o rendimento destas culturas.

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

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

Tabela 6. 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
	kg ha ⁻¹							
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).

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/ano 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.

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 estas tenham características peculiares, como um rápido desenvolvimento inicial e maior tolerância à seca.

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 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 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 subsequentes em 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, quando 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 sequencialmente 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, tem-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. Este assunto será melhor discutido em capítulo sobre integração lavoura-pecuária.

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 consequente 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 frequente 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 7).

Tabela 7. 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 milho		Safrinha de milho	
	kg ha ⁻¹	%	Kg ha ⁻¹	%
Grade aradora / Grade aradora	2.579	78	4.678	77
Esc. mais niveladora / G. niveladora	3.130	94	5.404	89
Esc. + G. niveladora / semeadura na palha	3.144	95	5.682	94

Fonte: De Maria et al. (1999).

Integração Lavoura-Pecuária - ILP e Integração Lavoura-Pecuária-Floresta - iLPF

Introdução

Sistemas ILP (SILP) e iLPF ou agrossilvipastoril (SiLPF) pressupõem diversificação, rotação, consorciação ou sucessão das atividades agrícolas e pecuárias dentro da propriedade rural de forma planejada, constituindo um mesmo sistema, de tal maneira que haja benefícios para todos os componentes do sistema (lavouras anuais, pecuária e árvores, no caso de iLPF). Possibilita, como uma das principais vantagens, que o solo seja explorado economicamente e com sustentabilidade, durante todo o ano, favorecendo o aumento na oferta de alimentos, de fibras, de agroenergia e de produtos madeireiros a custos mais baixos devido ao sinergismo que se cria entre a lavoura, a pastagem e as árvores. Estes sistemas de integração devem ser ajustados às diferentes condições edafoclimáticas e ao perfil de produtor, possibilitando a sustentabilidade do empreendimento agrícola, com redução de custos, distribuição de renda e redução do êxodo rural em decorrência da maior oferta de empregos no campo durante todo o ano.

A cultura do milho (*Zea mays*) se destaca no contexto dos sistemas integrados de produção, ILP ou iLPF, devido às inúmeras aplicações que esse cereal tem na propriedade agrícola, tanto na alimentação animal, na forma de grãos ou de forragem (rolão, silagem), como na alimentação humana ou na geração de receita mediante a comercialização da produção.

Outro ponto importante são as vantagens comparativas do milho em relação a outros cereais no que diz respeito ao seu consórcio com capim. Uma vantagem é a competitividade no consórcio, visto que o porte alto das plantas de milho exerce, depois de estabelecidas, grande pressão de supressão sobre as demais espécies que crescem no mesmo local. A altura de inserção da espiga permite que a colheita mecanizada seja realizada sem maiores problemas, pois a regulagem mais alta da plataforma diminui os riscos de embuchamento. Somando-se isso à disponibilidade de herbicidas gramínicos pós-emergentes, seletivos ao milho, é possível obter-se resultados excelentes com o consórcio milho + capim. A cultura do milho ainda possibilita trabalhar com diferentes espaçamentos. Atualmente a tendência é reduzir o espaçamento entre as fileiras do milho. Isso melhora a utilização de luz, água e nutrientes, geralmente aumentando a produtividade. Além disto, o espaçamento reduzido facilita o controle de plantas daninhas e da erosão, uma vez que a superfície do solo fica recoberta mais rapidamente pelas plantas do consórcio, além de aumentar a capacidade de competição das plantas de milho. Também maximiza a utilização das plantadeiras, permitindo a utilização do mesmo espaçamento para diferentes culturas, como o milho e a soja. No consórcio com forrageiras a redução de espaçamento tem, ainda, a vantagem de formar um pasto mais bem estabelecido (fechado), quando as sementes da forrageira são depositadas somente na linha de plantio do milho. A decisão pelo espaçamento do consórcio a ser estabelecido deve levar em conta a disponibilidade das máquinas, tanto para o plantio quanto para a colheita.

Milho consorciado com forrageiras

Na prática, depara-se com as mais variadas situações de ILP em que o produtor tenta reduzir os custos de recuperação ou reforma de seus pastos fazendo plantio de milho + forrageira. Aliás, essa prática é bastante antiga. Por outro lado, é raro aquele que faz implantação de pastagens em áreas agrícolas. Existem, para estas duas situações, propostas para inserir as propriedades em SILP de tal forma que elas passem a ser mais sustentáveis e competitivas. Em se tratando de um sistema agrossilvipastoril, a largura da faixa de cultivo entre as linhas de árvores é decisivo sobre o período de

ocupação desta faixa com lavouras como a de milho. Quando as árvores passam a interferir no rendimento do cereal, a pastagem permanece na área até a colheita final das árvores. Pesquisas demonstraram que nos cultivos a partir do segundo ano há interferência do sombreamento das árvores, prejudicando o desenvolvimento do milho especialmente em faixas de cultivo com espaçamentos menores e com linhas duplas de árvores (Tabela 8).

Tabela 8. Teor de matéria seca (%), produtividade de matéria seca (MS) e produção corrigida do milho silagem para a área ocupada pela cultura do milho em cada arranjo, em sistema agrossilvipastoril, nos arranjos estruturais do eucalipto, nos dois primeiros anos de implantação do sistema.

Arranjos de Árvores ¹	Área ocupada com milho (ha)	Teor de MS (%)	MS (t/ha)	MS de milho (t ha ⁻¹ de ILPF)
Primeiro Ano				
(3 x 2)+20m	0,78	37,27 A	13,08 A	10,24 A
(2 x 2)+9m	0,64	36,03 A	9,48 A	6,03 A
9 x 2m	0,78	35,58 A	13,8 A	10,75 A
Segundo Ano				
(3 x 2)+20m	0,78	30,75 A	13,08 A	10,01 A
(2 x 2)+9m	0,64	27,87 A	4,61 A	2,93 A
9 x 2m	0,78	30,76 A	7,50 A	5,83 A

¹ Dentro do parêntesis, nº de linhas de árvores x espaçamento das árvores na linha + largura da faixa;
Fonte: Adaptado de Viana et al. (2010a) e Viana et al. (2010b).

Faixas de cultivos anuais entre 10 e 20 m têm sido comuns neste sistema de exploração. Geralmente, a decisão sobre o espaçamento da faixa deve levar em conta a largura dos equipamentos, especialmente dos pulverizadores, ou seu múltiplo acrescido de um metro de cada lado para manejo das árvores. Qualquer um desses sistemas é perfeitamente ajustável a qualquer propriedade, desde as pequenas, com alguns hectares e que usam a mão de obra familiar, até aquelas empresariais com extensas áreas e alto nível tecnológico.

A decisão sobre as práticas que antecedem a implantação do sistema deve ser precedida de uma série de cuidados referentes ao diagnóstico da gleba, à escolha da cultivar de milho, da forrageira e da espécie arbórea, dentre outros. Primeiramente, deve ser feita a avaliação do perfil do solo para verificar se há presença de camada compactada ou adensada e para conhecer a espessura do horizonte superficial. Normalmente, são realizadas amostragens nas profundidades de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm. Com base nos resultados das análises, se necessário, deve ser feita a correção do solo (calagem e/ou gessagem) seguindo a orientação de um técnico. É importante que a aplicação do corretivo seja feita pelo menos 60 dias antes do plantio e que ainda haja umidade suficiente no solo, para que o calcário reaja.

Na sequência são tomados os cuidados com a conservação do solo. No caso de iLPF, depois de realizadas as práticas de conservação do solo e da água, são implantadas as árvores, em linhas simples, duplas, etc., no sentido transversal ao declive, paralelamente aos terraços ou seguindo os conceitos de linha mestra. O alinhamento das árvores servirá de orientação aos plantios subsequentes (lavouras e pastagens). Como o condicionamento químico não é imediato, ou seja, demanda tempo de reação dos corretivos e fertilizantes, é esperado melhor desempenho das lavouras de milho nos cultivos subsequentes para o caso de ILP.

O milho é uma espécie exigente em fertilidade do solo, requerendo pH, Ca, Mg, saturação por alumínio e saturação por bases em torno de 6,0, 2,2, 0,8, menor que 20% e 50-55%, respectivamente. Esses níveis são, também, os mínimos necessários para se implantar o Sistema Plantio Direto (SPD). Além disso, a cultura do milho é mais adaptada a solos anteriormente cultivados, principalmente com soja, quando a cultura expressa melhor seu potencial

produtivo. Como cultura de primeiro ano, em solos recém-corrígidos ou após pastagem degradada, os rendimentos de grãos são menores. Assim, o agricultor pode optar pelo plantio de cultivares de menor custo, principalmente os híbridos duplos e variedades.

Em algumas situações, é recomendada adubação corretiva para fósforo e potássio. Para adubações de plantio e cobertura, o produtor deverá utilizar as recomendações de adubação baseadas nos resultados da análise do solo e levando em consideração a produtividade esperada.

Havendo impedimento físico no solo é imprescindível a aração profunda, preferencialmente, com arado de aiveca. As razões para se usar esse implemento são: fazer o condicionamento físico e químico do solo rompendo camadas compactadas ou adensadas; inverter a camada de solo revolvida para que haja incorporação profunda de corretivos; incorporar em profundidade o banco de sementes de plantas daninhas, para que essas não germinem ou tenham a emergência retardada, competindo menos com o milho; incorporar touceiras de capins, acelerando a sua mineralização para minimizar a concorrência com o milho pelo nitrogênio.

Para se obter um bom desempenho da cultura em áreas com pastagens degradadas, onde predominam solos ácidos e de baixa fertilidade, fazem-se necessários a correção mínima de acidez e o suprimento de nutrientes adequados. A calagem, nesse caso, pode ser feita ao final do período chuvoso anterior (abril/maio) ou antes do período chuvoso que antecede a semeadura (agosto/setembro). Para melhor distribuição do corretivo sugere-se aplicar 60-70% do calcário, incorporá-lo superficialmente com grade aradora, arar profundamente (35-40 cm), aplicar o restante 30-40% do corretivo, nivelar/destorroar e semear o milho e a forrageira na época adequada.

A determinação da necessidade de calagem para o milho nos sistemas de integração obedece a mesma metodologia e os critérios utilizados para os cultivos solteiros. Entretanto, deve-se considerar que para solos com alto teor de areia e baixa matéria orgânica o método de saturação por bases, geralmente, subestima a quantidade de calcário a ser aplicada. Em geral, isso ocorre com todos os métodos vigentes. Assim, é necessário considerar a cultura a ser implantada, o histórico da área e a experiência local quanto à resposta das culturas aos corretivos de acidez do solo. Para a cultura do milho, a calagem é necessária quando o solo apresentar concentração de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ inferior a $3,0 \text{ cmolc dm}^{-3}$ de solo, na razão aproximada de 3-4:1.

Existem vários relatos de que o processo mais econômico de correção da acidez das camadas superficiais e subsuperficiais do solo é a utilização de uma parte de gesso (sulfato de cálcio) em mistura com calcário. O gesso contém aproximadamente 23% de cálcio e 19% de magnésio. Assim, se forem aplicados 500 kg ha^{-1} de gesso, por exemplo, só com esse insumo estariam sendo aplicados 115 kg ha^{-1} de Ca e 95 kg ha^{-1} de S, quantidades teoricamente suficientes para a obtenção de mais de 6 t ha^{-1} de milho.

No plantio simultâneo, dependendo da espécie da forrageira, as sementes desta podem ser misturadas ou não ao adubo do milho. É importante cuidar para que a mistura seja feita no dia do plantio e regular a profundidade de deposição do adubo + sementes para maior profundidade, cuidando para que não ultrapasse o limite para que haja emergência das plântulas, o que varia com a espécie. Geralmente, sementes de braquiária brizantha podem ser depositadas a até 8 cm e de panicum, até 3 cm. As sementes do milho, geralmente, são depositadas a 3 cm de profundidade no solo. Outra possibilidade é o plantio defasado da forrageira em 15 a 30 dias depois da emergência do milho: planta-se o milho solteiro e faz-se o semeio da forrageira juntamente com a adubação de cobertura.

É desejável estabelecer uma ou duas linhas adicionais de forrageira nas entrelinhas do milho para melhor formação da pastagem, o que vai depender do espaçamento e do equipamento de plantio disponível. Várias pesquisas relatam aumento no rendimento de grãos de milho com redução do espaçamento entre fileiras até 0,5 m. Esse comportamento se deve ao fato de 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. Esse plantio em menores espaçamentos, além de possibilitar melhor e mais rápida cobertura do solo, evita a formação de touceiras muito grandes de capim o que poderá afetar negativamente a qualidade do próximo plantio. Por outro lado, o capim da entrelinha do milho tende a ser abafado pelo da linha devido à localização do adubo de base. Para solucionar este problema, resultados de pesquisa sobre a localização deste adubo (Tabela 9) mostraram que em solos adequadamente corrigidos esta

adubação deve ser dividida metade na linha de plantio do milho + capim e a outra metade em duas linhas laterais somente com capim (25-50-25%) ou, ainda, um terço na linha e um terço em cada entrelinha com capim (33,3-33,3-33,3%). Esta mudança permite melhor desenvolvimento e competitividade do capim da entrelinha, possibilitando a ele não ser abafado, o que resulta em maior produtividade de capim sem alterar a produtividade do milho.

Tabela 9. Produtividade do milho sob diferentes modos de localização da adubação de plantio em cultivo solteiro ou consorciado com braquiária. Sete Lagoas, MG.

TRATAMENTOS	PESO DE GRÃOS (kg ha ⁻¹)
(Milho + Braquiária)	
(00-100-00)	7552 a
(25-50-25)	8328 a
(33,3-33,3-33,3)	8510 a
(a Lanço)	8387 a
(milho Solteiro)	
(00-100-00)	8570 a
(25-50-25)	8704 a
(33,3-33,3-33,3)	8934 a
(a Lanço)	8911 a
CV (%)	13,84
dms	1461

Fonte: Alvarenga et al., 2011.

Em muitos casos, agropecuaristas têm adotado essa tecnologia de ILP somente para recuperar ou reformar pastagens. Um programa de adubação de manutenção e de pastejo controlado tem permitido a utilização da nova pastagem por período maior, com alta produtividade. Caso essa programação não seja executada, a nova pastagem se degradará em alguns anos, sendo necessário recuperá-la novamente, conforme já salientado. O objetivo em ILP ou iLPF é evitar que a pastagem se degrade. Se isso estiver acontecendo, mostra deficiência no planejamento adotado e que medidas corretivas são necessárias.

Devido à cultura do milho não ser plenamente adaptada a cultivos de abertura de área ou sob área com pastagem degradada, o potencial de rendimento, no primeiro ano, dificilmente ultrapassa 5 t ha⁻¹, então, para a obtenção de maiores produtividades, acima de 6 t ha⁻¹, é recomendável: (i) a aplicação dos corretivos de acidez do solo pelo menos um ciclo de chuvas antes da semeadura; (ii) optar por variedade ou híbridos duplos, o que resulta em economia na aquisição de sementes; e (iii) realização de tratamento de sementes para prevenção de ataque de lagartas e formigas na fase inicial de estabelecimento da cultura.

Em solos parcial ou devidamente corrigidos quanto as suas condições físicas e químicas, sempre que possível o sistema deve ser iniciado com o sistema de plantio direto com eventuais correções em superfície. Neste caso, a cultura do milho apresenta grande performance de desenvolvimento inicial, exercendo com isso alta competição sobre as forrageiras e evitando redução significativa nas suas capacidades produtivas de grãos. Os principais objetivos em se adotar desde o início o plantio direto são a produção de forrageira para a entressafra e palhada em quantidade e qualidade para o Sistema de Plantio Direto na safra seguinte e maior eficiência no uso de água pelas culturas. O sistema com plantio direto apresenta grande vantagem, pois não altera o cronograma de atividades do produtor. Através dele, é possível aumentar o rendimento da cultura de milho e das pastagens e, com isso, baixar os custos de produção, tornando a propriedade agrícola mais competitiva e sustentável. Além disso, esse sistema com palhada de capim está

viabilizando o plantio direto em várias regiões devido à geração de palhada em quantidade adequada. Somam-se a isso alguns benefícios agregados à palhada de braquiária no que diz respeito ao seu efeito supressor de plantas daninhas e de fungos de solo. Fisiologia das espécies em consórcio

As espécies forrageiras comumente utilizadas apresentam elevadas taxas de crescimento. Por isso, a redução do crescimento das forrageiras deve ser considerada para que o consórcio tenha êxito, com produtividades de grãos equivalentes ao sistema solteiro. Estratégias como retardar a emergência da forrageira, uso de subdoses de herbicidas e populações de plantas adequadas das espécies em consórcio são fundamentais para que a área foliar da cultura do milho se sobreponha à das forrageiras ao longo do ciclo. Pesquisas com o Sistema Barreirão (aração profunda) mostram que, dispondo as sementes das forrageiras em maiores profundidades (6 a 8 cm), retarda-se em até 13 dias a sua emergência, conseguindo-se uma ampla vantagem do índice de área foliar (IAF) da cultura sobre o da forrageira. No Sistema Santa Fé (plantio direto), o consórcio é, geralmente, conduzido em solo de média a alta fertilidade e espera-se uma maior competição da forrageira com a cultura. Por essa razão, geralmente, além da semeadura mais profunda da forrageira, pode haver a necessidade do uso de herbicidas para conter seu crescimento ou plantio defasado, plantando a forrageira alguns dias após o milho.

Um estudo sobre o consórcio de milho com os capins braquiária e mombaça mostrou que, tanto com aplicação de herbicida como sem aplicação de herbicida para reduzir o crescimento das forrageiras, a taxa assimilatória líquida (TAL) do milho foi maior que a das forrageiras em grande parte do ciclo da cultura. A TAL indica a eficiência fotossintética e devido ao maior crescimento do milho e o consequente sombreamento que esse exerce nas forrageiras, resultou em uma maior taxa de crescimento da cultura (TCC) do milho, superando o das forrageiras e tornando o consórcio dessas espécies muito seguro. A aplicação de herbicida para redução do TCC da braquiária somente é necessária em situações onde o milho não tem um bom desenvolvimento inicial, em casos de baixa fertilidade do solo e em outras situações, tais como: estiagem prolongada no período inicial da lavoura, forte ataque de lagarta-do-cartucho, dificultando o desenvolvimento inicial da cultura, etc.

Vários trabalhos realizados com o consórcio milho e forrageiras mostram que, na média, a presença da forrageira reduziu a produtividade do milho em 5%. Contudo, verifica-se que em vários casos não há diferenças significativas entre a produtividade do milho solteiro e o consorciado. Vale ressaltar que os diferentes resultados estão associados à combinação de vários fatores, como a população da forrageira, a época de sua implantação, os arranjos de plantio, a presença de plantas daninhas, a aplicação de herbicidas, a fertilidade do solo e as condições hídricas. Nos tratamentos onde foram aplicados os herbicidas para reduzir o crescimento da forrageira, as produções foram semelhantes às do milho solteiro, indicando que esse procedimento pode eliminar as perdas no consórcio.

Manejos de herbicidas e efeitos no milho e na produção de forragem

No consórcio milho e forrageiras, geralmente, as aplicações de herbicidas em pré-emergência afetam o estabelecimento das forrageiras, mesmo naqueles manejos em que o plantio das forrageiras é feito junto com a cobertura nitrogenada (em torno de 20 dias após a emergência do milho). Dessa forma, são usados os herbicidas aplicados em pós-emergência das plantas daninhas e do milho. Dentre esses herbicidas, destacam-se o herbicida atrazina e alguns do grupo químico das sulfonilúreas, como o nicosulfuron, foramsulfuron e iodossulfuron methyl sodium.

No consórcio, a atrazina é aplicada nas doses de 1000 a 1500 g i.a. ha⁻¹ em pós-emergência e, nessas doses, somente apresenta controle sobre as dicotiledôneas.

As sulfonilúreas são usadas em pós-emergência, com enfoque no controle de gramíneas e de algumas espécies dicotiledôneas. Já o foramsulfuron atua principalmente sobre gramíneas e o iodossulfuron methyl sodium sobre espécies de folhas largas, estando, assim, disponível no mercado como mistura pronta para a cultura do milho.

O período crítico de competição (PCC) das plantas daninhas ou forrageiras no milho ocorre entre os estádios V5 (5 folhas totalmente expandidas) e V8, geralmente, entre 20 e 40 dias após emergência. Dessa forma, a aplicação de herbicidas pós-emergentes deve ser feita entre V4 e V5. O nicosulfuron (Sanson) é recomendado na dose de 4 a 8 g i.a. ha⁻¹ (0,1 a 0,2 L p.c. ha⁻¹). A dose maior é recomendada quando a forrageira está em estágios mais avançados (mais de 3 perfilhos). Para o consórcio do milho e panicuns (tanzânia, mombaça e outros), a dose de nicosulfuron não deve ultrapassar a 6 g i.a. ha⁻¹ (0,15 L p.c. ha⁻¹) devido à sensibilidade dessas espécies aos herbicidas. Para os herbicidas foramsulfuron + iodosulfuron (Equipe-Plus), recomenda-se dose de 15 + 1 g i.a. ha⁻¹ (0,5 L p.c. ha⁻¹). Nessas doses, há uma redução do crescimento da forrageira e também das plantas daninhas em torno 40 a 50%, suficiente para a redução da competição com o milho no PCC.

A recuperação da toxicidade da forrageira devida aos herbicidas depende de vários fatores, como as condições hídricas, a fertilidade de solo e o próprio nível de fitotoxicidade da forrageira após aplicação dos herbicidas. Portanto, recomenda-se não aplicar doses acima das indicadas. A consorciação de plantas forrageiras nas entrelinhas da cultura pode auxiliar na supressão da comunidade infestante.

Arranjos espaciais da forrageira e efeito no milho e na produção de forragem

Pesquisas mostram que os diferentes arranjos testados não afetam o rendimento do milho (Tabela 10). Entretanto, os arranjos afetaram de forma significativa a produção de forragem, ou seja, ficou evidente que o plantio de duas linhas da forrageira na entrelinha do milho proporcionou maior produção de forragem e ainda: quanto maior foi a distribuição em linha da forrageira maior foi a produção (menor tempo de formação do pasto). Nesses estudos, o espaçamento entre fileiras de milho foi de 1,0 m em Coimbra (MG) e 0,45 m em Ilha Solteira (SP) e a densidade de plantio da forrageira, em kg ha⁻¹ de sementes puras viáveis (SPV) foi de 3,0 kg ha⁻¹ no ensaio de produção de grãos, de 3,8 kg ha⁻¹ no ensaio de produção de silagem em Coimbra e de 6,4 kg ha⁻¹ no ensaio em Ilha Solteira.

Tabela 10. Rendimento do grãos e forragem (MV) de milho, em kg ha⁻¹, e de *B. brizantha*, em t ha⁻¹, função de diferentes arranjos espaciais e locais de plantio.

Sistema de Plantio	Local						
	Coimbra MG		Ilha Solteira SP		MV	Coimbra MG	
	Grãos	Forrag ¹	Grãos	Forrag ¹		Forrag ¹	Forrag ²
Plantio simultâneo com 1 linha nas entrelinhas	5.570	1,15	-	-	-	-	-
Plantio simultâneo com duas linha entrelinha	5.030	2,66	-	-	55.330	0,73	4,48
Plantio simultâneo a lanço	5.770	0,45	6.928	1,69	49.790	0,13	0,76
Plantio simultâneo na linha do milho	5.550	0,71	7.503	2,13	-	-	-
Plantio 30 DAE do milho com uma linha entrelinha	-	-	7.677	1,45	51.920	0,05	0,05
Plantio a lanço, 30 DAE do milho	-	-	8.147	1,48	-	-	-
Milho solteiro	5.910	-	7.995	-	55.920	-	-
Braquiaria solteira	-	7,63	-	-	-	2,83	14,94

Fonte: Adaptado de Jakelaitis et al., 2005; Pantano, 2003 e Freitas et al., 2005.

Épocas de introdução das forrageiras e efeitos no milho e na produção de forragem

Pesquisas mostraram que não há diferenças de produtividade do milho entre o plantio simultâneo da forrageira com o milho e o plantio em pós-emergência (Tabela 11). O milho apresenta maior taxa de crescimento no início do desenvolvimento em comparação com a forrageira, o que garante o sucesso do plantio simultâneo das duas espécies. Ao contrário do milho, a produção da forrageira é extremamente afetada pela época de implantação. A produção da forrageira diminui significativamente à medida que atrasa-se a introdução dessa no consórcio. O milho, por ser uma planta muito competitiva, afeta negativamente a forrageira quando essa é implantada em pós-emergência do milho. Diante desses dados, recomenda-se o plantio simultâneo da forrageira com o milho, pois o rendimento do milho não é afetado (desde que sejam seguidas as recomendações de uso de herbicidas, arranjos e densidade de plantio) e a produção da forrageira após a colheita do milho atinge seu máximo potencial.

Tabela 11. Rendimento de grãos de milho, em kg ha⁻¹ e de massa seca de forragem, em t ha⁻¹ de braquiária, em função de diferentes épocas de introdução da forrageira em sistema consorciado, em três experimentos em Piracicaba, SP e um em Ilha Solteira, SP.

Sistema de Plantio	Local			
	Piracicaba	Piracicaba	Piracicaba	Ilha Solteira
	Rendimento de milho (kg ha⁻¹)			
Milho solteiro	9.270	9.270	9.270	7.995
Consórcio, plantio simultâneo	9.690	9.700	9.333	7.503
Braquiaria plantada estágio V4 do milho	9.280	9.500	9.450	7.677
	Rendimento de massa seca de forragem (t ha⁻¹)			
Plantio simultâneo, colheita	1,31	1,56	1,06	2,13
Plantio simultâneo, 60 DAC	3,96	3,17	2,22	-
Braquiaria plantada estágio V4 do milho, colheita	0,37	0,35	0,33	1,45
Braquiaria plantada estágio V4 do milho, 60 DAC	3,16	2,21	1,85	-
Forrageira	<i>B. decumbens</i>	<i>B. brizantha</i>	<i>B. ruziziensi</i>	<i>B. brizantha</i>
Espaçamento do milho (m)	0,9	0,9	0,9	0,45
Arranjo do consórcio	Uma linha na entrelinha	Uma linha na entrelinha	Uma linha na entrelinha	Uma linha na entrelinha
Densidade de plantio da forrageira (kg ha ⁻¹ de SPV)	3	3	3	3,17

Fonte: Adaptado de Tsumanuma, 2004, Pantano, 2003.

Recomenda-se uma densidade de 3,0 kg ha⁻¹ de sementes puras e viáveis (SPV) de braquiária para a implantação do consórcio.

Colheita do milho

A partir do início do secamento das folhas do milho vai haver maior penetração de luz e a forrageira voltará a crescer em maior velocidade. Então a colheita não deve sofrer atraso, pois a forrageira poderá crescer muito e causar transtornos (embuchamento) na colheita mecânica e operacionais na manual. Caso se decida por antecipação da colheita, deve-se ter disponível secador de grãos. Depois da colheita, dependendo da condição do pasto, deve-se fazer um pastejo rápido de formação para estimular o perfilhamento da forrageira ou o pasto deve ser vedado. No primeiro caso, em seguida à saída dos animais, a área deve ser vedada por período suficiente para rebrota e crescimento até a fase do pastejo definitivo, que vai depender das

condições do clima. Caso o milho seja colhido para ensilagem, a área é vedada em seguida até a época do primeiro pastejo definitivo. A altura do pastejo deve seguir as recomendações para a espécie forrageira plantada, bem como a carga animal. Depois de um ciclo de pastejo, que pode ser somente na entressafra ou de alguns anos, ao final do período de seca, a pastagem é vedada e, no início das chuvas, dessecada, dando início a novo ciclo de cultura solteira em rotação ou em consórcio.

Autores deste tópico: Evandro Chartuni Mantovani, Israel Alexandre Pereira Filho, Joao Herbert Moreira Viana, Manoel Ricardo de Albuquerque Filho, Maurilio Fernandes de Oliveira, Miguel Marques Gontijo Neto, Ramon Costa Alvarenga, Walter Jose Rodrigues Matrangolo, Jose Carlos Cruz

Expediente

Embrapa Milho e Sorgo

Comitê de publicações

Sidney Netto Parentoni
[Presidente](#)

Elena Charlotte Landau
[Secretário executivo](#)

Flávia Cristina dos Santos
Guilherme Ferreira Viana
Eliane Aparecida Gomes
Flávio Tardin
Paulo Afonso Viana
Rosângela Lacerda de Castro
[Membros](#)

Corpo editorial

Israel Alexandre Pereira Filho
[Editor\(es\) técnico\(s\)](#)

Antonio Claudio da Silva Barros
Guilherme Ferreira Viana
[Revisor\(es\) de texto](#)

Rosângela Lacerda de Castro
[Normalização bibliográfica](#)

Enilda Alves Coelho
Arnaldo Macedo Pontes
[Editoração eletrônica](#)

Embrapa Informação Tecnológica

Selma Lúcia Lira Beltrão
Rúbia Maria Pereira
[Coordenação editorial](#)

Corpo técnico

Cláudia Brandão Mattos (Auditora)
Karla Ignês Corvino Silva (Analista de Sistemas)
Talita Ferreira (Analista de Sistemas)
[Supervisão editorial](#)

Cláudia Brandão Mattos
Mateus Albuquerque Rocha (SEA Tecnologia)
[Projeto gráfico](#)

Embrapa Informática Agropecuária

Kleber Xavier Sampaio de Souza
Sílvia Maria Fonseca Silveira Massruha
[Coordenação técnica](#)

Corpo técnico

Leandro Henrique Mendonça de Oliveira (Suporte operacional)
[Publicação eletrônica](#)

Dácio Miranda Ferreira (Infraestrutura de servidor)
[Suporte computacional](#)