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



TECNOLOGIA DA PRODUÇÃO DE MILHO

Fancelli & Dourado-Neto (coord.)

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

TECNOLOGIA DA PRODUÇÃO DE MILHO

DOI: 10.11606/9786562060829

A. L. FANCELLI
D. DOURADO-NETO
(Coordenadores)

Piracicaba, SP
1997

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Reitor - Prof. Dr. Flávio Fava de Moraes
Vice-reitora - Profª. Drª. Myriam Krasilchik

Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"
Diretor - Prof. Dr. Evaristo Marzabal Neves
Vice-diretor - Prof. Dr. Antonio Roque Dechen

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

Tecnologia da produção do milho [recurso eletrônico] / coordenadores Antônio Luiz Fancelli e Durval Dourado Neto. - - Piracicaba : ESALQ/Departamento de Agricultura, 1997.
174 p.: il.

ISBN: 978-65-6206-082-9
DOI: 10.11606/9786562060829

1. Milho - Produção 2.Tecnologia agrícola I. Fancelli, A. L., coord. II. Dourado Neto, D., coord.. III. Título

CDD 633.15

Índice para o catálogo sistemático:

1. Milho : Produção agrícola : Tecnologia agrícola CDD 633.15

Maria Angela de Toledo Leme - CRB-8/3359

Esta obra é de acesso aberto. É permitida a reprodução parcial ou total desta obra, desde que citada a fonte e a autoria e respeitando a Licença Creative Commons



PREFÁCIO

POR UMA AGRICULTURA LUCRATIVA, RACIONAL E SUSTENTÁVEL

0 homem habita a superfície de nosso planeta há cerca de dois milhões de anos e, no início, dedicava-se à caça de animais e coleta de frutas, sementes e algumas folhas, com o objetivo de garantir sua sobrevivência. Com o reconhecimento de sua vocação social, o homem passaria a viver em grupos, com regras de relacionamento muito frágeis, denominados clãs. E, desde então, a necessidade de alimentos aumentou, e tal preocupação o acompanha até os dias de hoje.

Cerca de 10.000 anos atrás, aproximadamente, o homem realizou as primeiras tentativas de cultivo de algumas espécies geradoras de matéria prima para sua sobrevivência. Desta feita, com o advento da agricultura o nomadismo deu origem ao sedentarismo e, conseqüentemente, as cidades vicejaram, as ciências e as artes se desenvolveram e a civilização pôde experimental seus primeiros passos.

Após sofrer a obscuridade da idade média, a ciência reviveu na renascença e a história moderna começou. 0 homem descobriu que podia manipular as forças da natureza e, fugindo decididamente de seu domínio, iniciou o exercício da transformação.

A revolução agrícola, muito tempo depois, propiciou o desencadeamento da revolução industrial, que como conseqüência trouxe a gradativa substituição da força animal, e mesmo humana, pela força mecânica em todas as tarefas produtivas, bem como o uso de estimulantes e reguladores biológicos, promovendo a ampliação dos horizontes para a humanidade.

Desde então, a concentração de esforços têm sido efetiva no sentido de proporcionar a difusão de tecnologia fundamentada no uso intensivo, e algumas vezes abusivo, de insumos modernos de produção, bem como de elevados índices de mecanização, que eventualmente ocasionam baixos coeficientes de eficiência do sistema produtivo, em decorrência principal do esquecimento de princípios e fundamentos básicos relativos ao processo de produção. As alterações introduzidas pelo homem no ambiente, muitas delas de forma inconsciente, têm proporcionado a exaustão progressiva de recursos naturais, bem evidenciada pelos desequilíbrios ecológicos drásticos, colocando em risco as condições fundamentais para a continuidade da vida em padrões aceitáveis.

Assim, problemas relacionados à erosão do solo; não consideração da aptidão agrícola local, uso inadequado da água gerando salinização ou lavagem de nutrientes; dispersão de produtos tóxicos ocasionando poluição de solos, mananciais, lençóis freáticos e rios; desperdícios de fertilizantes resultando a eutrofização; utilização indiscriminada de defensivos pertubando o equilíbrio regional; além de tantos outros, não devem ser aceitos passivamente. Muito menos devam ser entendidos como conseqüências inevitáveis do processo produtivo agrícola, tal qual apregoam os mais afoitos. Hoje, já com um certo atraso, mostra-se premente a necessidade da realização de uma agricultura lucrativa, racional e sustentável, com embasamento científico e amplamente fundamentada em ações conscientes e previsíveis.

Cumpre lembrar que a dinâmica da vida se consolida através dos ecossistemas. Assim, em qualquer lugar da natureza onde se evidenciam organismos vivos e fatores abióticos (clima e solo) invariavelmente interrelacionados e interatuantes, aí se visualiza um sistema ecológico. Ainda, em decorrência da agricultura trabalhar com a manipulação de seres vivos, tal atividade, obrigatoriamente, deverá ocorrer num ecossistema, que por ser especial, recebe a denominação de Agroecossistema.

0 agroecossistema, portanto, é um sistema originado pela ação do homem, mediante a transformação ou adaptação do ecossistema natural, apresentando como objetivo principal a geração de recursos alimentares e outros produtos para a sobrevivência, de forma abundante e localizada.

Esses sistemas agrícolas, face ao crescente contingente humano, assumem determinadas características, tais como: a) extensas monoculturas; b) plantas em níveis próximos à homozigose (pequena variabilidade genética dentro da população); c) alta densidade populacional; d)

componentes selecionados para elevada produtividade e e) técnicas de manejo padronizadas, as quais poderão contribuir para a instabilidade estrutural e funcional do sistema biológico considerado.

No entanto, a própria concepção de agricultura como atividade econômica, implica no conceito de simplificação do sistema ecológico, pois o homem necessita cultivar, conduzir e colher de forma rápida, prática e econômica

Os agroecossistemas não apresentam mecanismos eficientes relacionados à resistência e equilíbrio, o que os tornam sistemas inadequadamente moldados e extremamente frágeis. Por outro lado, os sistemas ecológicos naturais altamente estratificados (horizontal e verticalmente) e complexos, constituem-se preferencialmente num refúgio de grande número de espécies, além de se caracterizarem pela capacidade potencial de resistir a profundas alterações.

Por esse motivo, os ecossistemas simplificados (agroecossistemas) exigem para sua regulação e efetivo funcionamento, contínuos subsídios ou contribuições da energia representados pela utilização de fertilizantes, defensivos, práticas de irrigação e combustíveis fósseis Ainda, em função do acentuado crescimento populacional e da crescente demanda por alimentos, aliadas à escassez gradativa de terras agricultáveis, torna-se imperioso a busca incessante do aumento de produção por unidade de área, adotando-se para tanto, alternativas imediatistas, nem sempre racionais.

Tem-se observado também, na agricultura atual, o aumento do dispêndio de energia para a produção da mesma quantidade de calorias no produto final. Esse incremento no consumo energético é resultado dos processos cada vez mais complexos utilizados na produção, processamento e comercialização dos produtos agrícolas.

As evidências de tais fatos pode ser constatada em sistemas de produção de milho e trigo nos Estados Unidos, bem de batata e feijão irrigados no Brasil cujos resultados ratificam a tendência da baixa eficiência energética adotada pelo sistema.

Tal situação poderá se agravar, caso não forem tomadas providências imediatas no sentido de promover o desenvolvimento e estabelecimento de sistemas de produção adequados às peculiaridades da espécie, do local, da condição político-social e do momento econômico, principalmente nas condições tropicais e subtropicais, como é o caso da maior parte das áreas agrícolas do Brasil.

Prof. Dr. Antônio Luiz Fancelli
Departamento de Agricultura ESALQ/USP

ÍNDICE

página

CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DE MÁQUINAS E IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS PARA A CULTURA DO MILHO
José Luís Duarte Coelho 1

MICOTOXINAS EM MILHO
Homero Fonseca 10

MANEJO DE PRAGAS NA CULTURA DE MILHO
Ivan Cruz 18

MANEJO INTEGRADO DE DOENÇAS NA CULTURA DO MILHO
Herberte P. Silva & José Otávio M. Menten 40

PLANTAS TRANSGÊNICAS
João Lúcio de Azevedo 57

POTENCIALIDADE DA CULTURA DO MILHO NO CERRADO
Nilvo Altmann 69

MANEJO DE PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DO MILHO
João Baptista da Silva & Neimar de Freitas Duarte 75

MANEJO DO NITROGÊNIO NA CULTURA DO MILHO NO SISTEMA PLANTIO DIRETO
João Carlos de Moraes Sá 84

NUTRIÇÃO E MANEJO QUÍMICO DO SOLO PARA A CULTURA DO MILHO
Godofredo César Vitti & José Laércio Favarin 104

MANEJO DO NITROGÊNIO NA CULTURA DE MILHO
Tsuioshi Yamada 121

FENOLOGIA DO MILHO
Antônio Luiz Fancelli & Durval Dourado Neto 131

MANEJO DA ÁGUA NA CULTURA DE MILHO: ASPECTOS TEÓRICOS FUNDAMENTAIS
Durval Dourado Neto & Antônio Luiz Fancelli 141

MILHO: ECOFISIOLOGIA E RENDIMENTO
Antônio Luiz Fancelli & Durval Dourado Neto 157

EQUAÇÕES GERAIS PARA MANEJO DA CULTURA DE MILHO
Durval Dourado Neto & Antônio Luiz Fancelli 171

CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DE MÁQUINAS E IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS PARA A CULTURA DO MILHO

José Luís Duarte Coelho[1]

1. INTRODUÇÃO

Historicamente o milho sempre representou a **principal cultura** da agricultura brasileira, não somente no aspecto quantitativo, como também no que diz respeito à sua **importância estratégica** por ser a base da alimentação animal, e, consequentemente, humana.

Os números da safra **95/96** são bastante **representativos** para ilustrar a afirmação anterior, pois, segundo o AGRIANUAL 97 (1996), o Brasil **produziu 32 milhões de toneladas do grão**, numa **área de 13,7 milhões de hectares.** Considerando nessa mesma safra uma **área agrícola** de aproximadamente **52 milhões de hectares,** o **milho** representa **26 % da área colhida,** e aproximadamente, **42 % dos grãos** produzidos no país.

Se por um lado a produção nacional até não está tão ruim no **cenário internacional**, afinal de contas nessa mesma safra o **Brasil** produziu **6 % das 511,5 milhões de toneladas de milho produzido no mundo**, por outro lado, a **produtividade média brasileira** ainda deixa **muito a desejar**, uma vez que ocupamos mais de **10 % da área mundial colhida** com o referido grão. Tal fato evidencia ainda mais que a **média nacional** de aproximadamente **2500 kg/ha**, encontra-se bem aquém dos **3840 kg/ha,** que representam a média de produtividade dos **22 principais países produtores**. Apenas como referencia, nessa mesma safra a produtividade **norte-americana** posicionou-se próxima de **7500 kg/ha** enquanto a **Argentina** ultrapassou os **4000 kg/ha.**

O grande **parodoxo** dessa questão é que, potencialmente, o **milho** é uma das culturas que dispõe de maior **pacote tecnológico agrícola**, aliado a constantes evoluções no conhecimento agronômico, principalmente no que se refere ao melhoramento genético. Na realidade, devido às **significativas diferenças** existentes nos diversos sistemas de produção onde a lavoura é implantada, fundamentalmente no que se refere à estrutura fundiária e aporte de capital, tem-se, de norte a sul do país, uma gama de produtividade com tantas aberrações. Excluindo portanto as lavouras de subsistência, restam as lavouras comerciais que, até para poderem sobreviver na tremenda competição mercadológica, terão que fazer uso cada vez mais intenso da tecnologia.

Nas **lavouras comerciais**, principalmente as que atingem produtividade média mínima entre **5000 e 6000 kg/ha,** a **mecanização agrícola** assume importância vital no processo produtivo, pois passa a ser a **grande alavanca de competitividade** na busca pela **redução de custo, aumento de eficiência e rentabilidade e, mais recentemente, também visando a melhoria da qualidade.**

2. SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA

A **produção de milho** no Brasil pode ser operacionalizada, basicamente, segundo **três diferentes sistemas de manejo do solo**: **sistema convencional, preparo reduzido e plantio direto** (Tabela 1).

[1] Professor do Departamento de Engenharia Rural da ESALQ/USP. C. P. 09 - 13418-900. Piracicaba-SP. E-mail: jldcoelh@carpa.ciagri.usp.br

Tabela 1. **Parâmetros fundamentais** de diferenciação de **mobilização do solo** e de **incorporação dos resíduos superficiais** e a correspondente classificação de sistemas de preparo de solo.

Parâmetros-Sistemas	Sistema Convencional	Preparo Reduzido[1]	Plantio Direto[1]
Mobilização do solo	- Em área total e com profundidade de 35-40 cm	-Em área total e com profundidade de 25-28 cm	- Restrita ao sulco de semeadura
Incorporação dos resíduos	- Incorporação total na subsuperfície do solo	- Incorporação parcial dos restos de cultura. (mínimo de 30 % de cobertura)	- Não há incorporação de resíduos.(cobertura de 85-100 %);
Principais Implementos	- Arados - Grades aradoras e grades leves	- Escarificadores-destorroadores - Picadores de restos vegetais	- Rolo-faca - Pulverizadores hidráulicos - Semeadora-adubadora para plantio direto

[1] **Sistemas Conservacionistas** de manejo do solo.

Nos últimos anos a agricultura brasileira sofreu significativas evoluções nos **Sistemas de Manejo Conservacionista do Solo.** Os chamados **sistemas conservacionistas** conceitualmente são aqueles que, **mesmo após as operações de preparo do solo,** quando for o caso, ainda mantém uma **cobertura mínima de 30 %** dos resíduos **em superfície**. Além disso, aliam as seguintes vantagens: **minimização dos processos de erosão dos solos e perda de água** dos mananciais, **redução** da **quantidade** e da **intensidade** de **mobilização dos solos, redução dos custos de produção, aumento da atividade microbiológica** do solo, **potencialização do uso de insumos** e, consequentemente, **aumento de produtividade**.

O sistema de **manejo convencional do solo** "herdado" dos **colonizadores europeus**, vem demonstrando nos últimos anos que **não é adequado** para **solos tropicais**, onde se verificam a existência de **elevadas temperaturas médias anuais**, bem como **índices pluviométricos** que chegam a ser **três a quatro vezes maiores** aos verificados no **continente europeu** (a média anual de chuvas do Estados da região Centro-Sul situam-se na faixa de 1.300 a 1.500 mm, contra 350 a 500 mm que representam a média das principais regiões agrícolas européias).

Assim sendo, a recomendação mais adequada para **migrar** dos **sistemas convencionais** para os **sistemas conservacionistas** seria iniciar com o **Sistema de Preparo Reduzido do solo,** e **gradativamente** ir adotando o **Sistema de Plantio Direto, onde as condições edafo-climáticas permitam**. Isso porque, para atender os **requisitos mínimos** para iniciar um **Sistema de Plantio Direto** com sucesso, são necessários, em média, de dois a três anos. Nesse período, todo **manejo de solo** e **plantas** será no sentido de **preparar a área** para **receber o novo sistema**. Essa **preparação** diz respeito a **manejar o solo** nos seguintes aspectos:

- **Química de solo:** com destaques especiais para **correção de acidez** e neutralização de **alumínio** (se for o caso) , além da adequação do nível de **saturação de bases**;

- **Física de solo:** eliminação de **camadas de compactação** e aumento da **cobertura vegetal** com a introdução de programas de rotação de culturas (culturas comerciais no verão e adubação verde no outono/inverno);

- **Atividade microbiológica:** promover **manejo integrado de pragas e doenças**, favorecendo condições de **desenvolvimento dos inimigos naturais** das pragas e demais conceitos de **controle biológico**. Isso com a finalidade de **manter crescente a atividade microbiológica do solo** que deverá ser cada vez mais intensa devido ao **aumento do teor de matéria orgânica** e das menores variações de **temperatura e umidade**.

3. ADEQUAÇÃO DE MÁQUINAS E IMPLEMENTOS

Na **migração** para os **sistemas conservacionistas** de manejo do solo, os sistemas de produção que se encontram em **sistemas convencionais**, precisam passar por uma **fase de adequação** do **parque de máquinas e implementos.**

Assim sendo, as **mudanças mais significativas** em termos de maquinário será a **substituição** das **arados e grades aradoras** utilizadas no preparo **primário do solo** e das **grades leves**, ou niveladoras, no **preparo secundário**, por **escarificadores-destorroadores,** que, numa **única passada** já efetua as **duas etapas simultaneamente,** ou seja, condiciona em **profundidade de até 28 cm** a zona de **desenvolvimento radicular** e **destorroa a camada superficial**, condicionando assim o **leito de semeadura**.

Nos Sistemas Convencionais verifica-se que numa área onde se necessitava **três-quatro operações** (uma aração ou gradagem pesada e mais duas ou três gradagens niveladoras para acabamento), o agricultor também acabava **multiplicando o número de hectares trabalhados** e, consequentemente, **aumentando seus custos** nas mesmas proporções. Em outras palavras, uma área de **500 hectares,** onde se necessitava **quatro operações** de preparo/safra, acabava resultando numa área trabalhada de **2.000 hectares** e, portanto, com **custo de produção** e necessidade de **investimento inicial** do parque de máquinas equivalente, porém, na hora da colheita, a produção restringia-se, é claro, aos mesmos **500 hectares.** Como nessas áreas de **preparo reduzido**, após a passagem do escarificador-destorroador, ainda permanecerão mais de **50%** dos resíduos na **superfície do solo**, será necessário que a **semeadura** seja efetuada com as **mesmas máquinas** que são utilizadas no **Sistema de Plantio Direto**, caso contrário o excesso de palha na superfície impedirá o trabalho satisfatório das semeadoras-adubadoras.

A Tabela 2 **especifica operacional** e **quantitativamente** a demanda de máquinas e implementos.

Tabela 2. **Seqüência de operações** e os **tratores, máquinas e implementos agrícolas** que serão necessários, tanto no **Sistema de Preparo Reduzido**, como também no **Plantio Direto**, para uma mesma **área agrícola de 1000 ha**, com solo de **textura média para argilosa,** declividade **máxima de 15 % e que produz milho** como **cultura de verão em programa de rotação de culturas** com adubos verdes (outono/inverno), totalizando área plantada de **2.000 ha/ano.**

PREPARO REDUZIDO	PLANTIO DIRETO
- Colheita da cultura anterior ou manejo da adubação verde	- Colheita da cultura anterior ou manejo da adubação verde
Preparo do solo: - Picador de restos culturais (milho) - Escarificação associada a incorporação de calcário (segundo análise de solo)	**Manejo dos restos de cultura e da adubação verde:** - rolo faca ou manejo químico com herbicidas (adubos verdes) - picador de restos de cultura (milho) - aplicação de calcário sobre a palhada em doses "homeopáticas" (também condicionada a análise de solo e, associada, ou não, a gessagem).
Semeadura: - Semeadura dos adubos verdes (outono e inverno) - Semeadura das culturas de verão	**Semeadura:** - Semeadura direta dos adubos verdes (outono e inverno) - Semeadura das culturas de verão
Tratos culturais: - Adubação de cobertura (nitrogênio+potássio) - Cultivo de plantas daninhas em pós-emergência (mecânico ou químico) - Tratamento fitossanitário (biológico e/ou químico)	**Tratos culturais:** - Adubação de cobertura (nitrogênio+potássio) - Cultivo químico de pós-emergência (quando for o caso) - Tratamento fitossanitário (biológico e/ou químico)
Necessidade de máquinas: - seis tratores, sendo dois com potência acima de 150 CV com tração dianteira auxiliar, e quatro de média potência (75 a 90 CV), dos quais dois com tração dianteira auxiliar e dois standard - duas colhedoras combinadas com picador de palha - quatro escarificadores-destorroadores (2 de 7 hastes e 2 de 5 hastes) - dois picadores de restos vegetais - quatro semeadoras-adubadoras de precisão pneumáticas para milho, com kits de plantio direto - duas semeadoras de fluxo contínuo para sementes miúdas (ex. aveia), com kits de plantio direto - quatro cultivadores-adubadores - dois pulverizadores de barras (2000 l) - quatro carretas agrícolas - dois esparramadores de calcário	**Necessidade de máquinas:** - quatro tratores de média potência (75 a 90 CV), sendo dois com tração dianteira auxiliar e dois standard - duas colhedoras combinadas com picador de palha - quatro rolo-facas - dois picadores de restos vegetais - dois escarificadores-destorroadores - quatro semeadoras-adubadoras de precisão pneumáticas para milho, com kits de plantio direto - duas semeadoras de fluxo contínuo para sementes miúdas (ex. aveia), com kits de plantio direto - quatro cultivadores-adubadores - três pulverizadores de barras (2000 l) - quatro carretas agrícolas - um esparramador de calcário

4. ASPECTOS ECONÔMICOS

O produtor de milho, tanto quanto os demais produtores de *commodities*. sabem muito bem que para sobreviver produzindo algo que não se tem absolutamente nenhum controle no preço final do produto, uma vez que é o próprio mercado que determina esse valor, só é possível quando se tem um eficiente e sistemático gerenciamento dos custos de produção.

Assim sendo, a opção pelos sistemas conservacionistas de manejo não se deve somente aos benefícios advindos dos efeitos da redução da compactação e erosão dos solos, mais acentuados nos sistemas convencionais de manejo, mas também pela redução nos custos de produção e na menor necessidade de investimentos iniciais devido à menor demanda de operações e, consequentemente, do número de máquinas disponíveis na propriedade.

Para que se possa ter uma idéia da redução dos custos de produção e, conseqüente aumento na rentabilidade da cultura do milho, com a migração do sistema convencional de manejo para sistema de plantio direto basta analisar a planilha à seguir (Tabela 3).

Tabela 3. Custo de produção nos dois sistemas (US$), considerando um nível intermediário de tecnologia, e com expectativa de aproximadamente 6000 kg/ha de produtividade.

Discriminação	Sist. Convencional	Plantio Direto
a) Custo da mecanização		
- preparo do solo	42,51	-
- semeadura	7,22	14,30
- tratos culturais	9,58	7,56
- colheita	24,03	24,03
- transporte interno	16,07	16,12
SUBTOTAL	**99,41 (18%)**	**62,01 (14%)**
b) Custo de insumos		
- sementes	69,30	69,30
- corretivo	15,00	11,25
- fertilizantes	231,40	185,20
- inseticidas	15,10	15,10
- herbicidas	32,00	36,00
SUBTOTAL	**362,80 (67%)**	**316,85 (70%)**
c) Custo de Administração e Comercialização		
SUBTOTAL	**83,65 (15%)**	**74,07 (16%)**
Custo Total (US$/ha)	**545,86**	**452,93**
Custo Unit. (US$/sc 60 kg)	**5,46**	**4,53**
Receita (US$/ha)	**610,00**	**610,00**
Lucro Líquido (US$/ha)	**64,00 (41)**	**157,00 (100)**

FONTE: Adaptado de AGRIANUAL 97 (1996)

Como pode-se observar, em valores percentuais, o custo da mecanização agrícola representa 18 % do custo de produção total no Sistema Convencional e

14 % no **Plantio Direto**, porém, em **valores absolutos**, no **sistema convencional o custo da mecanização é 60 % maior que no sistema de Plantio Direto**. Além disso, no custo dos insumos, também existe uma significativa diferença, particularmente no item referente a fertilizantes. Dessa forma, tem-se para uma mesma receita de **US$ 610,00/ha,** correspondente a venda dos **100 sacos/ha,** pelo **preço histórico de US$ 6,10/sc** uma rentabilidade de **US$ 64,00/ha** no sistema convencional contra **US$ 157,00/ha no sistema de plantio direto**, ou seja, **41 % da rentabilidade do plantio direto.**

Quanto ao custo do **Preparo Reduzido**, o mesmo situa-se num **patamar intermediário** entre o **Sistema Convencional** e o **Plantio Direto**, com um **custo/sc** da ordem de **US$ 4,85**, que, para uma mesma receita de **US$ 610,00/ha,** considerando a **produtividade de 6000 kg/ha,** confere rentabilidade de **US$ 125,00/ha**, equivalente a **80 % da rentabilidade do plantio direto.**

5. ASPECTOS TECNOLÓGICOS

5.1 No preparo do solo

No caso do **Sistema de Preparo Reduzido**, como ainda tem-se etapa de mobilização do solo**,** é de fundamental importância **a seleção dos escarificadores-destorroadores**, objetivando escolher os implementos que tenham **a menor demanda energética**, e elementos que promovam o **destorroamento adequado do leito de semeadura**, mantendo a **maior cobertura possível com resíduos, na superfície do solo**.

Assim sendo deve-se dar preferência aos equipamentos de **hastes parabólicas**, uma vez que, conforme **comprovado** em vários trabalhos **técnico-científicos**, é a **conformação geométrica** que apresenta a **menor demanda energética**, e, cuja demanda de potência varia de **15 a 20 CV** no **motor do trator** por **haste escarificadora** operando em profundidade média de **25 a 30 cm**. O **limite inferior** da faixa de potência requerida é para **solos arenosos** e o **limite superior** para **solos argilosos.** Para **exemplificar**, a necessidade de **potência no motor** de um **trator agrícola** para tracionar um **escarificador-destorroador** de **5 hastes parabólicas** num **solo argiloso** será de **5 x 20 CV**, ou seja, um **trator** equipado com **motor** de **100 CV de potência**.

Os **escarificadores-destorroadores** para operar em sistema de **Preparo Reduzido** ainda devem dispor de **discos de corte para a palha** posicionados imediatamente **à frente** da **haste escarificadora**, de forma a **evitar o embuchamento** das mesmas em função da quantidade de material orgânico em superfície. Além disso, ainda devem possuir elementos destorroadores adequados ao tipo de cobertura em questão.

Também é recomendável que as hastes possuam **sistema de segurança** para **desarme automático**, caso encontrem algum **obstáculo** como raízes ou rochas, e que **após** transpor o objeto de resistência, **retorne à posição operacional** sem que o operador tenha que dar marcha ré, ou mesmo descer do trator para trocar algum pino fusível (Figura 1).

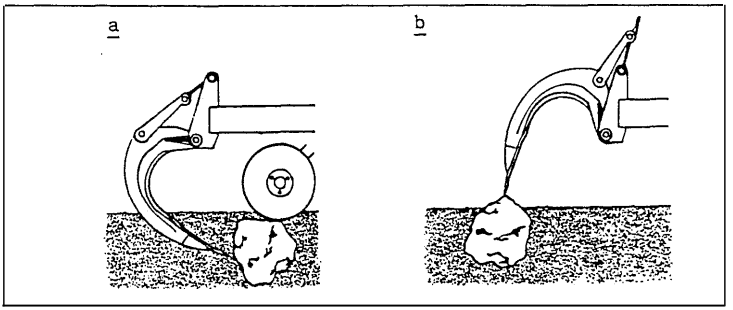


Figura 1. Sistema de desarme automático que utiliza sistema de mola plana: a - posição operacional; b - posição de desarme acionada para transpor obstáculo.

5.2 Na semeadura em áreas sob manejo conservacionista

Tecnologicamente o que tem de **mais evoluído** atualmente no mercado, em termos de **mecanismos dosadores** para semeadoras de precisão ("plantadoras"), são os chamados **dosadores pneumáticos.** Esses sistemas tem como **princípio de funcionamento** a criação de um **diferencial de pressão** positiva ou negativa ("sopro" ou "vácuo"), no compartimento pressurizado anexo ao reservatório de sementes. Isso ocorre por meio de uma **turbina** acionada pela tomada de potência-TDP do trator. Independentemente do modelo comercial, essa pressão positiva, ou negativa, responsável pela manutenção de apenas e tão somente um único grão em cada célula posicionada na periferia de um disco vertical rotativo, é interrompida em num único ponto, coincidente com a entrada do tubo de descarga, que conduzirá as sementes até o fundo do sulco de semeadura.

As grandes **vantagens** do **mecanismo pneumático** em relação aos **dosadores** do tipo disco **perfurado horizontal** e **dedos prensores** são as seguintes:

- maior eficiência na **regularidade da dosagem das sementes independentemente** de uma **rigorosa classificação** das mesmas[2];

- **ausência** de **danificação física e/ou fisiológica** das sementes;

- possibilidade de operação em **velocidades até 9,0 km/h,** desde que as condições do terreno permitam[2];

Particularmente no que se refere à **semeadura em áreas sob manejo conservacionista,** tanto no caso do **Preparo Reduzido,** como no **Plantio Direto,** a máquina deverá estar equipada com os **kits para Plantio Direto,** que consistem basicamente na montagem dos discos de **corte da palha,** posicionados no mesmo alinhamento longitudinal do sulcador da semente.

Quanto aos **discos de corte da palha,** basicamente tem-se quatro tipos **específicos** aos diferentes **tipos de solo** (Tabela 4).

[2] As semeadoras de precisão que utilizam mecanismos dosadores do **tipo discos perfurados horizontais** somente conseguem obter o **máximo de eficiência** na dosagem das sementes quando se opera com sementes com **ótimo padrão de classificação** quanto ao tamanho da **peneira** e em velocidades abaixo de **5,0 km/h**

Tabela 4. Tipos de disco de corte e recomendação agronômica.

Tipo de disco de corte	Recomendação agronômica
- Ondulado	Solos arenosos
- Corrugado	Solos de textura média
- Estriado	Solos argilosos
- Liso	Solos muito argilosos

Quanto aos **sulcadores** para **unidades semeadoras**, os mais utilizados são os sulcadores de **discos duplos** e **discos duplos defasados.** No caso de **solos arenosos** e de **textura média** os **discos duplos** operam relativamente bem, pois **não necessitam** de **tanto esforço** para **penetração**, uma vez que esses tipos de solo oferecem relativamente **pouca resistência à penetração**. No caso de **solos** com **textura média** para **argilosa, argilosa** ou **muito argilosa**, os sulcadores de **discos duplos defasados** são **mais indicados** uma vez que pelo fato de operarem com discos de **diâmetros diferentes,** o **maior** sempre atinge o solo primeiro, **concentrando** maior **pressão** por **unidade de área**, e **facilitando a abertura do sulco.** No caso de se utilizar ambos os **sulcadores** (unidade **semeadora** e unidade **adubadora**) de **discos duplos** ou **duplos defasados,** deve-se manter um **afastamento lateral** de **5 cm** do **sulco de semeadura** para o **sulco de adubação**, de forma a **evitar** a deposição de **sementes** e **fertilizantes juntos.**

No que se refere aos **sulcadores das unidades adubadoras,** valem os mesmos comentários anteriores, porém, quando se deseja **maior profundidade de adubação,** ainda se tem a opção de introduzir uma **faca sulcadora,** que também acaba realizando uma **descompactação localizada**, principalmente em **solos mais argilosos**, e que facilitará melhor desenvolvimento do **sistema radicular**. Além disso, a deposição **mais profunda** do adubo, podendo chegar até **10 cm abaixo da semente**, ou aproximadamente **15 cm da superfície do solo,** ainda forçará um **enraizamento mais profundo da planta,** com o objetivo de ir **buscar os nutrientes no fundo do sulco**. O **custo energético** dessa **adubação** mais **profunda** será **maior requerimento de potência** em relação aos sulcadores de discos. Em muitas regiões faz-se essa opção, inclusive por permitir a **deposição da semente no mesmo alinhamento do sulco do adubo,** sendo que o **fertilizante** sempre deverá ser posicionado em profundidade que varia de **5 a 10 cm abaixo do sulco de semeadura.**

5.3 Nas operações de cultivo de plantas daninhas

O grande desafio nessa operação é viabilizar o cultivo mecânico em áreas sob manejo conservacionista. Isso porque, com os cultivadores convencionais revolve-se demasiadamente a superfície do solo, promovendo o enterrio dos resíduos. Porém, no mercado internacional já existem equipamentos que operam subsuperficialmente (2 a 3 cm de profundidade), promovendo o seccionamento da parte aérea das plantas daninhas, porém efetuando o reposicionamento da palhada, sem alteração do índice de cobertura.

5.4 Monitores eletrônicos para semeadura e pulverização

No **mercado brasileiro** já se encontram disponíveis há alguns anos monitotres eletrônicos para semeadura e pulverização. No caso dos **monitores de semeadura**, normalmente os mesmos são associados a um **radar** para monitoramento da **velocidade instantânea**, que é uma dos parâmetros mais importantes para se manter a qualidade da operação. O radar é associado a **sensores do tipo infravermelho** posicionados no **interior do tubo de descarga** para informar se o **fluxo de sementes** está

ocorrendo normalmente, o espaçamento entre sementes, a quantidade de sementes por unidade de área, sendo que alguns ainda indicam o número de hectares já semeados. Os mais difundidos no Brasil contam com tecnologia **norte americana** ou **italiana** e são adaptáveis a praticamente todas as semeadoras-adubadoras de precisão de última geração. Trata-se de uma ferramenta extremamente útil para controlar a **qualidade da operação**. O único **ponto crítico** até o momento é que ainda **não existem** sensores adequados para o monitoramento do **adubo sólido**, que é o mais utilizado no país.

Quanto ao **monitor de pulverização**, o mesmo também pode ser equipado com **radar** para informar a **velocidade de operação**, e além disso ainda permite o monitoramento da vazão do equipamento, volume de calda do reservatório e taxa de aplicação e, ainda possibilita associação com **atuador hidráulico** que ajusta a **vazão do sistema** em função da **variação de velocidade operacional,** de forma a manter constante o volume de calda a ser aplicado por unidade de área.

5.5 Agricultura de Precisão e aplicação localizada de insumos

Com o advento do **GPS** (***Global Positioning System***) e do **GIS** (***Geographical Information System***), associados a **colhedoras automotrizes, tratores e máquinas agrícolas,** nasceu o conceito de **Agricultura de Precisão**, ou seja, o manejo localizado da lavoura. Em outras palavras, por exemplo, quando o agricultor diz que seu milho produziu **8500 kg/ha**, na verdade o mesmo sabe que **não foram todos os hectares** que produziram essa quantidade de grãos, ou seja, uns produziram pouco mais, outros menos. Porém, quando procedemos a **aplicação dos insumos**, assumimos que a área é toda **homogênea,** e muitas vezes **generalizamos aplicações** principalmente no caso de **corretivos e fertilizantes**, assumindo a uniformidade total, mesmo em grandes áreas.

Portanto, com as **novas ferramentas disponíveis**, é possível se determinar o **mapa de colheita** com as **linhas de isoprodutividade da cultura**, e à partir de um **banco de dados** com grande gama de **informações edafoclimáticas,** de pelo menos **quatro ou cinco safras**, efetuar uma correlação de causas e efeitos, com vistas a subsidiar a aplicação diferenciada dos insumos. Em outras palavras, como todas as áreas não produzem eqüitativamente, também não receberão insumos nas mesmas quantidades. O conceito também é válido para **aplicação diferenciada** na operação de **semeadura e controle fitossanitário de pragas, doenças e plantas daninhas.**

6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AGRIANUAL 97: Anuário da Agricultura Brasileira. FNP/M&S. São Paulo, 1996. 435p.

MICOTOXINAS EM MILHO

Homero Fonseca[1]

1. INTRODUÇÃO

Dos microrganismos que colonizam os grãos os fungos são os mais tolerantes a baixas disponibilidades de água e são, conseqüentemente, importantes causas de deterioração. Eles não apenas causam perda de matéria seca, através de utilização das reservas de carboidratos mas, também, causam perda de qualidade por destruição do germe e das qualidades funcionais, da sua habilidade de produzir toxinas e, talvez, pela utilização ou alteração de proteínas, lipídeos e outras reservas, diminuindo o valor nutricional e digestibilidade. Tais perdas raramente são mensuradas.

A colonização de grãos por microrganismos começa logo depois da emergencia da espiga e continua no armazenamento. Contudo, a colheita provoca uma profunda mudança nos fatores ecológicos que afetam o crescimento microbiano e resulta em marcada mudança na microbiota. Muitas vezes isto tem sido descrito como uma mudança de fungo de campo para fungo de armazenamento. Esta terminologia permite uma maneira fácil de distinguir fungos encontrados nos grãos antes da colheita e aqueles que se desenvolvem no armazenamento, porém, tem limitações.

2. ATIVIDADE DE ÁGUA

A presença da água no grão pode ser medida de diferentes formas mas nem todos os métodos indicam a disponibilidade da água para os microrganismos. Nem toda a água do grão está igualmente disponível. Alguma água está fortemente adsorvida nos constituintes do grão através de pontes de hidrogênio de alta energia, inicialmente numa monocamada de moléculas e é referida como água ligada. Fora desta camada a água vai se tornando cada vez mais fracamente ligada quanto mais longe estiver dos constituintes do grão. Eventualmente, as moléculas de água vão ficando livres de ligação química mas são retidas em microporos, no mínimo de tamanho igual ao da molécula da água. À medida que os poros enchem, a água que eles contêm torna-se cada vez mais prontamente disponível aos microrganismos até o grão se saturar e a água fica completamente disponível.

O conteúdo de água é, talvez, a medida da água mais prontamente determinada no grão mas não dá indicação direta da disponibilidade da água. A disponibilidade da água em materiais higroscópicos, tais como grãos, é melhor indicada pela atividade de água (A_w) ou pela umidade de equilíbrio com a umidade relativa (E.U.R.). A A_w é a razão entre a pressão de vapor da água no substrato sobre a pressão de vapor da água pura, à mesma temperatura e pressão atmosférica; a E.U.R. é a umidade relativa da atmosfera intergranular em equilíbrio com a água do substrato. A A_w e a E.U.R. são numericamente iguais, exceto que a E.U.R é expresso em percentagem (%) e a A_w como uma fração decimal de 1 (um).

3. CONTAMINAÇÃO DO MILHO NO PRÉ-COLHEITA

As principais micotoxinas que têm sido relatadas em milho são as aflatoxinas,

[1] Professor do Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial da ESALQ/USP. Laboratório de Micotoxinas. C.P. 09 - 13418-900. Piracicaba-SP.

ocratoxina e as toxinas de Fusarium: zearalenona, deoxinivalenol, toxina T-2 e, mais recentemente, as fumonisinas. No Brasil, raramente a ocratoxina foi detectada. A zearalenona, deoxinivalenol, toxina T-2 e as fumonisinas, mais freqüentemente, nos estados da região sul, como, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

3.1 AFLATOXINAS

A contaminação do milho com aflatoxinas antes da colheita é um problema sério em vários países. Compreender o processo de infecção do Aspergillus flavus, e de outros fungos, no milho, e os fatores que o influenciam, é essencial para criar estratégias de controle.

Antes de 1975 o Aspergillus flavus e o A. parasiticus, os dois fungos maiores produtores de aflatoxina, eram considerados fungos de armazenamento ou fungos que eram capazes de contaminar o milho no armazenamento, embora em 1920 já tivesse sido detectada a presença de A. flavus no milho pré-colheita, sem que a isso tivesse sido dada a devida atenção. Depois de 1975, este fato foi redescoberto e levantou a possibilidade de que estes fungos poderiam ter limitada capacidade parasítica, um conceito ainda não aceito por muitos. Estudos efetuados têm demonstrado que o A. flavus tem essa capacidade limitada para colonizar os cabelos e invadem os grãos de milho em desenvolvimento. Hoje, sabe-se que o problema das aflatoxinas no milho ocorre tanto antes da colheita como no armazenamento. Diener et al. (1987) observaram que a espécie *A. parasiticus* é mais adaptada ao meio ambiente do solo sendo predominante em culturas como a de amendoim. Entretanto a espécie A. flavus é mais adaptada ao ambiente aéreo, sendo predominante em culturas como a do milho.

A. flavus tem sido isolado de cabelos do milho no campo e há relatos de desenvolvimento tanto no cabelo, ainda na planta, como fora dela. As condições do cabelo influenciam muito em quão bem o fungo se desenvolve e desce, através do mesmo, e infecta o grão. Estudos feitos em cabelo, em três estádios (verde não polinizado, amarelo-marrom e marrom), mostraram que a condição amarelo-marrom é a mais susceptível. Os cabelos, nesta fase, já começaram a entrar em senescência mas ainda são suculentos. Em quatro a oito horas os conídios do *A. flavus* germinam no cabelo próximo dos grãos de polem. Daí o fungo se espalha rapidamente através do cabelo com grande crescimento e disseminação lateral. Em 48 horas os conidióforos e os conídios estavam presentes nos grãos de polem. Em contraste, poucos conídios germinaram nos cabelos não polinizados, por 24 horas, e aqueles que o fizeram falharam em estabelecer um crescimento significativo de micélio. Os cabelos marrons também tiveram algum crescimento do fungo concentrados ao redor dos grãos de polem.

A. flavus penetra rapidamente cabelo abaixo e sugere-se que o fungo segue o mesmo trajeto que do tubo polinífero, ou seja, o canal estilar. Há uma forte evidência de que o funículo, do grão no sabugo, é o ponto de entrada do fungo pois estudos mostraram que o fungo está consistentemente nessa região com muito pouco crescimento em outros lugares. As regiões do germe e do funículo dos grãos de milho são, também, áreas de colonização de outros fungos, tais como, Cephalosporium acremonium, *Gibberella zeae* e *Penicillium* spp., principalmente no funículo. O caminho da colonização pelo A. flavus do funículo para dentro do grão de milho ainda não é conhecido. *Diplodea zeae* pode penetrar o endosperma córneo, nos seus pontos mais finos, sobre o embrião e sua junção com a camada de fechamento na ponta do grão. Estudos sugerem que o *Fusarium moniliforme* pode infectar grãos imaturos através da mesma área.

A infecção interna dos grãos pelo *A. flavus* parece ocorrer no último estádio de desenvolvimento do grão. Estudos (Payne, Thompson e Lillehoj, não publicados) mostraram que pouca infecção ocorre até baixar de 32% de umidade mas, que a 23% de umidade já havia cerca de 27% de infecção.

Isto está de acordo com os estudos (Koehler, 1942) com o *Fusarium moniliforme* em que a infecção com este fungo ocorre sempre nos estádios avançados de desenvolvimento do grão. Um mês após a polinização apenas 7% das espigas estavam contaminadas e apenas 3,2% dos grãos tinham contaminação superficial. Em contraste, 40 dias após, quando a umidade do grão era de 24,9%, 71% dos grãos tinham contaminação na superfície e 28,3% tinha infecção interna.

3.2 Fatores que influenciam o processo de infecção

Vários são os fatores são importantes na infecção do cabelo e do grão pelo *A. flavus*. Nível de inóculo, seca, temperatura, e idade do cabelo, práticas culturais, fatores ambientais, além de outros, podem afetar o processo de infecção.

3.2.1 Nível de inóculo

Uma das áreas menos compreendidas na epidemiologia do A. flavus no milho é a fonte de inóculo. Os conídios do fungo parece estar presente todos os anos mas sua população aérea flutua. Estudos mostraram baixos níveis de conidios no campo mas elevados níveis nos armazéns e áreas adjacentes. Em períodos de chuva ou em épocas de irrigação os níveis de inóculo são menores em contraste com as épocas de seca em que os níveis são bem maiores. Wicklow e Donahue (1984) demonstraram que o *A. flavus* pode produzir esclerócio esporogênico e Wicklow e Horn (1984) que estes esclerócios estão presentes no grão de milho infectado. O papel destes esclerócios na epidemiologia do fungo não é conhecido, contudo, a população do *A. flavus* aumenta muito no solo após a colheita Wicklow e Horn (1984).

3.2.2 Estresse pela seca

Jones e Duncan (1981b) relataram que as plantas expostas ao estresse no campo tinham mais grãos infectados que os provenientes de áreas irrigadas. Posteriormente, Lillehoj (1983) encontrou uma estreita associação entre a formação de aflatoxina e seca mas, uma correlação clara entre falta de chuva e formação de aflatoxina ainda não foi encontrada em todos os estudos, provavelmente, por influência de outros fatores.

3.2.3 3.2.3. Temperatura

A temperatura tem uma grande influência na infecção do cabelo: quanto maior for a temperatura, até um máximo de 38°C , maior será a infecção (Jones e Duncan, 1980). Ela pode influenciar a infecção através de seus efeitos na planta, no fungo ou em ambos. Temperaturas acima de 30°C não são favoráveis ao milho (Aldrich et al., 1975).e pode predispor a planta à infecção e, por outro lado altas temperaturas favorecem o crescimento do *A. flavus*, uma vez que ele tem uma temperatura ótima para crescimento elevada: 36-38°C (Davis e Diener, 1983). Jones et al. (1980) demonstraram que as temperaturas de 32° a 38°C favoreciam muito mais a infecção dos grãos do que uma temperatura mais amena, ao redor de 21° a 26°C. Thompson et al. (1980) mostrou que em temperaturas acima de 30°C a taxa de crescimento do *A. flavus* dá-lhe uma vantagem competitiva sobre outros fungos presentes na espiga. Jones e Duncan (1980) sugeriram que o *A. flavus* pode ter um aumento na sua habilidade parasítica a temperaturas mais elevadas.

O desenvolvimento da aflatoxina no pré-colheita do milho ocorre num ambiente de constantes mudanças de temperatura e que pode representar um papel importante nos níveis cumulativos de aflatoxina na colheita.

3.2.4 Influência das práticas culturais

Uma série de práticas culturais têm uma maior ou menor influência no desenvolvimento do A. flavus e a conseqüente produção de aflatoxina no milho antes da colheita. Algumas podem ser implantadas economicamente pelos produtores mas outras, talvez, nem tanto. Vamos comentar as principais.

3.2.4.1 Seleção do terreno

A seleção do terreno em que o milho vai ser cultivado pode ocasionalmente minimizar o desenvolvimento da aflatoxina no milho. Em algumas regiões, onde o solo não é muito apropriado para o plantio de milho, especialmente onde o terreno é bastante permeável (solos arenosos, por exemplo) pode levar o milho a um estresse pela seca, em períodos de pouca chuva e levar à produção de aflatoxina.

3.2.4.2 Seleção do híbrido

Os estudos efetuados até agora não conduzem a se considerar a hipótese do controle genético da aflatoxina.

3.2.4.3 Programas de adubação

Estudos de Anderson et al. (1975) e Jones e Duncan (1981a) verificaram que teores mais elevados de aflatoxina foram encontrados em milho cujo solo recebeu menor aplicação de nitrogênio. Nestes estudos o conteúdo de nitrogênio da folhagem e do grão eram menores nos lotes contendo mais aflatoxina. O efeito da seca também pode afetar a utilização do nitrogênio do solo e aumentar o conteúdo de aflatoxina. Em geral recomenda-se um bom programa de adubação para minimizar a contaminação com aflatoxina no campo.

3.2.4.4 Densidade populacional

A densidade populacional das plantas é um fator que depende exclusivamente do produtor e é um fator que poderia potencialmente ter um efeito dramático na epidemiologia da infecção com A. flavus e subseqüente produção de aflatoxina. Uma densidade maior poderia ter um efeito de proteção contra uma maior incidência de esporos do A. flavus através da redução da exposição do cabelo e nas espigas do milho à esporos do ar, devido ao efeito de cobertura propiciado pela folhagem (Jones, 1979). Por outro lado, se a população for muito grande, pode aumentar o risco de contaminação pela competição das plantas pela umidade, nutrientes e pelo sol.

3.2.4.5 Data do plantio

Não há estudos específicos sobre este fator mas depreende-se que, provavelmente, o plantio atrasado pode levar a planta a uma situação de estresse, por falta de chuvas em época adequada, a uma maior concentração de inóculo e maior atividade de insetos e, daí, propiciar maior contaminação com aflatoxina.

3.2.4.6 Irrigação

A influência da irrigação no conteúdo de aflatoxina no milho já foi avaliado nos E.U.A. (Cole et al., 1982; Fortnum e Manwiller, 1985; Jones e Duncan, 1981b) cujos estudos mostraram que o efeito da irrigação é mais pronunciado e favorável, para reprimir os níveis de aflatoxina, quando o estresse pela seca já está instalado na cultura. Verificaram, também, que a irrigação, no sentido de conter a aflatoxina se compara às chuvas normais.

3.2.4.7 Competição interespecífica

Já foi demonstrado, também, que a aflatoxina ocorre em níveis mais elevados no milho afetado por outras doenças (Doupnik Jr., 1972). A competição com nematóides (Duncan, 1979) e ervas daninhas (Anderson, 1975) também contribuem para aumentar o estresse da planta. Os danos por insetos podem contribuir para elevar o conteúdo de aflatoxina de várias maneiras. Dano às raízes e caule podem alterar a fisiologia das plantas afetadas da mesma maneira que outro estresse biótico e medidas para controlar os insetos devem ser tomadas.

3.2.4.8 Rotação de cultura

A rotação de cultura contribui para diminuir a quantidade de inóculo do *A. flavus* e, por isso, são altamente recomendadas.

3.2.4.9 Práticas de colheita

Modificações nas práticas de colheita podem efetivamente reduzir o risco de comercializar grãos contaminados.

Na operação de colheita, reduzir a velocidade, para diminuir ao máximo os danos mecânicos, e uma perfeita regulagem das colhedeiras mecânicas podem contribuir para diminuir a incidência de aflatoxina pois, diminuem os danos mecânicos nos grãos minimizando as chances do A. flavus de colonizar o milho.

3.2.5 Fatores ambientais

Chuvas tardias mostraram que podem contribuir significativamente para aumentar a aflatoxina no milho deixado em pé no campo (Jones e Duncan, 1981a; Jones e Duncan, 1981b) ou em áreas desprotegidas da chuva (Ilag, 1975).

3.2.6 Transporte

O transporte do milho para qualquer destino, seja para fábrica de rações ou indústrias de alimentos, deve ser feito com o milho com umidade que não permita o desenvolvimento de fungos, especialmente se o trajeto durar mais de um ou dois dias, ou se a espera para descarregar seja de mais de um dia. Se a umidade estiver com mais de 14-16%, certamente haverá chance dos fungos crescerem e produzirem toxinas, especialmente, o A. flavus.

3.2.7 Efeitos das aflatoxinas nos animais

As aflatoxinas podem causar uma série de problemas aos animais, inclusive a morte. Os efeitos podem ser diretos e indiretos e dependem da espécie animal, da idade, da dose, da freqüência, do estado nutricional e, muitas vezes, do sexo.

Os diretos podem agudos ou subagudos. Os agudos são os que afetam irreversivelmente as células e geralmente causam a morte. Os subagudos afetam as células, funções os órgãos e a eficiência geral.

Os indiretos são menos perceptíveis e geralmente só se percebe quando os prejuízos já aconteceram. As aflatoxinas reagem com o DNA, com o RNA, e interferem com o sistema imunológico, diminui o ganho de peso, o desempenho, a produção de ovos, de leite, a conversão ração/carne e passa para o leite e outros produtos, podendo, também, alojar-se nos tecidos. Tem, também, ação carcinogênica e mutagênica, provoca hemorragias, fraqueza geral.

Os animais mais susceptíveis às aflatoxinas são as trutas, marrequinhos, peruzinhos, coelhos, cavalos, cães, gatos cobaias, porcos, bezerros, franguinhos, vacas, salmões, e codornas. Especificamente, em algumas espécies animais, seus efeitos principais, são:

3.2.7.1 Perus e marrecos

Fígado aumentado com zonas de necrose periportal, hemorragia, proliferação dos dutos biliares, hepatomas, anorexia e fraqueza.

3.2.7.2 Frangos e poedeiras

Redução do crescimento, fígado e rins descoloridos, pigmentados, fibrose, acumulação de gordura, hemorragias, anorexia, fraqueza das asas e das pernas, diminuição da produção de ovos e redução da eficiência dos antibióticos.

3.2.7.3 Porcos

Necrose centrilobular, fibrose, proliferação dos dutos biliares e morte.

3.2.7.4 Toxinas de Fusarium: Zearalenona, Tricotecenos, Fumonisinas

Grande parte das condições que favorecem o A. flavus de se desenvolver e produzir aflatoxinas também são válidas para as espécies de Fusarium, com exceção da temperatura e umidade.

As principais espécies de *Fusarium*, produtoras de toxinas são, *F. nivale*, *F. culmorum*, *F. poae*, *F. sporotrichioides*, *F. oxysporum*, *F. avenaceum*, *F. tricinctum*, *F. solani*, *F. scirpi*, *F. moniliforme*, *F. proliferatum*, *F. graminearum*.

3.2.7.4.1 Zearalenona

A zearalenona é produzida por: *F. graminearum*, e *F. roseum*, as fumonisinas são resultado da ação de *F. subglutinans*, *F. moniliforme* e *F. proliferatum*, e as demais

espécies são responsáveis pela elaboração dos chamados tricotecenos, que são em grande número. Destes os principais são: nivalenol (NIV), deoxinivalenol (DON), toxina T-2, diacetoxiscirpenol (DAS).

A zearalenona pode ser encontrada no milho antes da colheita quando o clima é úmido e frio depois da emissão dos cabelos do milho e, também, durante o armazenamento quando as condições são favoráveis.

A zearalenona é responsável pelo quadro que se costuma denominar de síndrome hiperestrogênica, principalmente nos suínos, interferindo com todo o sistema reprodutivo do animal pois tem um forte efeito de hormônio feminino. Ela pode causar abortos, infertilidade, natimortos, vulvovaginite, com prolapsos do reto e da vulva etc.

3.2.7.4.2 Tricotecenos

Os tricotecenos são compostos bastante tóxicos para o homem e os animais e os fungos do gênero Fusarium os produzem em grande variedade. Eles são também produzidos por fungos dos gêneros *Cephalosporium*, *Trichoderma*, *Trichotecium* e *Myrothecium*. Além dos já citados, poderemos nomear a toxina HT-2, neosolaniol, scirpentriol, fusarenona X, monoacetoxiscirpenol, verrucarinas, roridinas, e satratoxinas.

Os tricotecenos têm um núcleo químico comum e, com pequenas diferenças nos seus radicais, podem dar origem a mais de trinta compostos tóxicos diferentes, já identificados e implicados em casos de toxicoses. Cada fungo pode produzir mais de um tricoteceno de cada vez e nem sempre produzem os mesmos compostos.

Os tricotecenos podem causar uma série de efeitos nocivos nos animais tais como, recusa do alimento, necrose da pele, hemorragias, diarréias, vômito, náuseas, aleucia tóxica alimentar (ATA), atrofia da medula óssea etc.

3.2.7.4.3 Fumonisinas

As fumonisinas são o mais novo grupo de micotoxinas identificados com surtos de doenças e morte de animais, especialmente cavalos, no final de 1988. Já ficou cabalmente demonstrado que elas são as responsáveis pela leucoencefalomalácia eqüina (LEME), que é uma toxicose bastante violenta e que pode matar um cavalo em 48 horas, dependendo da dose a que o animal for submetido. Pode causar câncer no esôfago em humanos, edema pulmonar em suínos e toxidez a marrequinhos. Esta toxina, por ser muito recente, ainda não está muito estudada.

O gênero *Fusarium* é, basicamente, constituído de fungos de campo e, geralmente, infectam o milho, e outros cereais, antes da colheita. Com relação às fumonisinas, o trabalho recente de Chulze et al. (1996), mostrou que dentre 60 a 75 dias, após o florescimento, a espécie mais abundante era a do *F. proliferatum*, e que neste período, a ocorrência de fumonisinas era bem maior que nas anteriores e posteriores, especialmente a fumonisina B_1. Aos 105 dias após o florescimento, houve predominância do F. moniliforme e aumento da produção de fumonisinas.

No que concerne a *Fusarium*, as condições de temperatura e umidade para que as toxinas sejam produzidas, diferem bastante das ótimas para o A. flavus e outras espécies de *Aspergillus* e *Penicillium*. *Fusarium* necessita de um período de temperaturas em torno de 25° C, para crescer mas, para elaboração das toxinas, é necessário que as temperaturas sejam mais amenas ou frias, geralmente, abaixo de 16-18°C, e teor de umidade mais elevado para se desenvolver, com atividade de água de, no mínimo, 0,88.

4. CONTAMINAÇÃO DO MILHO NO ARMAZENAMENTO

O ambiente em que o A. flavus e o milho interagem é crítico para se saber se a contaminação ocorrerá ou não. O monitoramento e o controle das condições ambientais é mais exeqüível no armazém do que no campo. A manipulação das condições de armazenamento é a melhor maneira de se evitar o desenvolvimento de fungos pós-colheita. Os fatores ambientais, tais como,

temperatura e umidade, as operações de manuseio do milho, secagem, aeração e inóculos, afetam o potencial para elaboração de micotoxinas.

4.1 Fatores ambientais

Temperatura e umidade são os fatores mais importantes, e que se interagem fortemente, para determinar se a aflatoxina vai se desenvolver no milho no pós-colheita. Abaixo de um determinado teor de umidade o A. flavus não consegue crescer e não produz toxina. A umidade deve ser considerada em termos e umidade relativa (UR) ou atividade de água (Aw). Para efeitos práticos, 85% de UR é o limite mínimo para uma atividade significante do A. flavus. A germinação dos esporos tem sido observada a UR de 81-82% e a esporulação a UR de 83% (14). Todavia, muitos estudos têm mostrado que a 85% é que o fungo começa a ser um problema (Christensen e Mirocha, 1976; Diener e Davis, 1970; Hunter, 1969; Sauer e Burroughs, 1980). À medida que a UR aumenta acima de 85% o crescimento do A. flavus aumenta bastante. Nesta faixa, um pequeno aumento na umidade ou na UR pode ser muito significativo em termos de risco de contaminação com aflatoxina (Tabela 1).

Tabela 1. Conteúdo médio de umidade, UR intergrãos, e conteúdo de aflatoxina B_1 em milho recém colhido.

Umidade média (%)	UR intergrãos (%)	Conteúdo de aflatoxina B_1 (ng/g)			
		14 dias		28 dias	
		Híbrido A	Híbrido B	Híbrido A	Híbrido B
16,5	84,2	ND[1]	ND	ND	ND
16,7	85,1	ND	ND	ND	25
17,3	86,0	10	30	45	1100
17,6	86,9	25	750	150	1675
18,0	87,7	140	500	600	3375

[1] ND = Não detectada

Fonte: Sauer e Burroughs (1980)

Um limite superior de umidade não parece ser que restringe o crescimento ou a produção de aflatoxina. Em condições normais, altas condições de umidade podem ser inadequadas para o *A. flavus* por cauda da competição com outros microrganismos (Chang e Markakis, 1981). Fungos, leveduras e bactérias podem se adaptar melhor à alta umidade do que o *A. flavus*.

Na prática mede-se, geralmente, o conteúdo de umidade do grão ao invés de UR ou Aw. Não é muito fácil correlacionar o conteúdo de umidade com estes dois parâmetros por causa da diferente composição dos diferentes cultivares. Diferentes lotes de milho podem ter umidade de equilíbrio diferentes, a uma mesma UR.

Por esse motivo, a legislação brasileira estabelece um máximo de 14,5% de umidade no milho para ser comercializado e armazenado. A esta umidade, dificilmente o A. flavus se desenvolve e produz aflatoxina, e ela deve ser respeitada se quisermos ter um produto de melhor qualidade.

Quando as temperaturas estão entre 15 e 20°C há pouco risco de o *A. flavus* crescer, porém, de 20 a 35°C, o risco é grande. Como, também, o é o risco de crescimento de espécies de *Penicillium* e de *Fusarium*. Milho colhido com umidade de 25% é mais vulnerável à invasão fúngica do que o colhido com menor umidade.

4.2 Secagem

Colher o milho com umidade elevada (acima de 18°C), sem a subseqüente secagem

artificial, no curto prazo, contribui amplamente para elevar dramaticamente os níveis de aflatoxina. A secagem do milho úmido deve ser feita a temperaturas adequadas e não deve ultrapassar os 70°C. A utilização de temperaturas mais elevadas pode acarretar enrugamento da película celulósica que envolve o grão e pode provocar pequenas fissuras por onde o A. flavus, pode penetrar mais facilmente e, desenvolvendo-se, produzirão aflatoxina. Fissuras e quebras são causadas principalmente pelos equipamentos de colheita e de secagem, embora insetos também possam causar perfurações no pericarpo.

4.3 O armazém

Quanto ao armazém, ele deve ser limpo, arejado, bem ventilado, freqüentemente inspecionado, para verificar se não há goteiras, ou qualquer outro tipo de infiltração de água, que possa reumedecer o milho armazenado e dar condições para os fungos crescerem.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aldrich,, S.R. et al., Modern Corn Production. Champaign, Ill., A&L Publications, 1975.

Anderson et al., J. Agric. Food Chem., 23:775-782, 1975.

Chang, H.G. e Markakis, P. Cereal Chem. 58:89-92, 1981.

Christensen, C.M. e Mirocha, C.J., Phytopatology.,66:696-699, 1973.

Chulze, et al. J. Agric. Food Chem., 44:2797-2801, 1996.

Cole et al. Developments in Industrial Microbiology, 23:229-236, 1982.

Davis, N.D. e Diener, U.L. Southern Cooperative Series Bulletin 279. Alabama Agric. Exper. Station, Auburn Alabama, EUA, pp. 1-5, 1983.

Diener, U.L. e Davis, N.D., J. Am. Oil Chem Soc., 47:347-351,1970.

Diener et al. Annual Review of Phytopathology, Palo Alto, 25:249-270, 1987.

Duncan, H.E. North Carolina Agric. Ext. Service Bull. AG-167. North Carolina State University, Raleigh, N.C. EUA, 1979.

Fortnum, B.A. e Manwiller, A. Plant Disease, 69:262-265, 1985.

Hunter, J.H. PhD. Thesis, Purdue University, West Lafayette, Indiana, E.U.A., 1969.

Ilag, L.L. Phytopathology 9:37-41, 1975.

Jones, R. K. Plant Disease. In: An Advanced Treatise, vol. 4.New York, Academic Press, pp. 381-392, 1979.

Jones, R.K. Plant Disease, 67:1297-1298, 1983.

Jones , R.K. e Duncan, H.E., Plant Disease, 64:859-863, 1980.

Jones , R.K. e Duncan, H.E., Plant Disease, 65:741-744, 1981a.

Jones , R.K. e Duncan, H.E., Phytopathology, 71:810-816, 1981b.

Koehler, B., J. Agric. Res. 64:421-442, 1942.

Lillehoj, E.B., Southern Cooperative Series Bulletin 279. Alabama Agric. Exper. Station, Auburn Alabama, EUA, pp. 27-34, 1983.

Sauer, D.B. e Burroughs, R., Phytopathology, 70:516-520, 1980.

Thompson, D.L. et al., Crop Science, 20:609-612, 1980.

Thompson et al. Plant Disease, 67:1321-1322, 1983.

Wicklow, D.T. e Donahue, J.E., Transactions of the British Mycol. Soc., 82:621-624, 1984.

Wicklow, D.T. e Horn, B.W., Transactions of the British Mycol. Soc., 82:299-303, 1984.

MANEJO DE PRAGAS NA CULTURA DE MILHO

Ivan Cruz[1]

1. INTRODUÇÃO

A cultura de milho, no Brasil, nos últimos anos, tem recebido um sensível incremento em seu nível tecnológico. Com isso, tem sido verificado aumento da produtividade. Paralelamente, têm aumentado também os problemas com pragas. Por ser uma cultura com um número relativamente pequeno de plantas por unidade de área, a perda de algumas dessas plantas pode significar prejuízos significativos à produção. Na região Sudeste e Centro-Oeste, por exemplo, o risco de ocorrência de pelo menos uma praga que cause danos economicamente significativos em cada ano agrícola é alto. É comum a ocorrência de pragas subterrâneas como os cupins, larva-arame, bicho-bolo, larva-alfinete, larva-angorá, percevejo-castanho, entre outras. Essas pragas se alimentam diretamente da semente ou das raízes, muitas vezes matando a plântula e diminuindo a densidade (número de plantas recomendado por unidade de área).

Logo após a emergência, é comum o ataque da lagarta-elasmo, especialmente na região dos Cerrados, quando, logo após a emergência, ocorre a estiagem. Além dessa praga, em anos recentes, talvez em função de um desequilíbrio biológico, é muito comum a presença da lagarta-do-cartucho, muitas vezes obrigando o agricultor a utilizar medidas de controle precoce em sua lavoura. Outras pragas, como as cigarrinhas, pulgões e mesmos alguns percevejos vindos da cultura da soja, podem atacar a cultura do milho logo após a emergência, sendo alguns inclusive vetores de patógenos.

A seguir, serão abordados aspectos da bioecologia das principais pragas da cultura de milho, baseados principalmente nas publicações de Cruz (1995) e Cruz et al. (1995, 1997).

2. PRAGAS INICIAIS

2.1 Pragas subterrâneas

Existem diversos insetos apontados na literatura como pragas subterrâneas que se alimentam de diferentes hospedeiros, incluindo o milho. De modo geral, a identificação dessas pragas se faz inicialmente através dos sintomas de danos ou de falhas existentes na plantação. Essas falhas podem ser decorrentes da falta de plantio da semente ou ocasionadas pelas pragas citadas anteriormente. Algumas delas, quando não matam a planta pela destruição da semente, ocasionam o seu enfraquecimento, causando sua morte posteriormente, por não ter condições de competir com as demais plantas da cultura ou com as plantas daninhas. Cavando-se o solo próximo às falhas, no início da germinação, deve-se encontrar a semente e/ou a praga.

No Brasil, pouco se conhece sobre o dano provocado pelas pragas subterrâneas e a importância de seus inimigos naturais. Recomenda-se o controle cultural sempre que possível, utilizando-se rotação de cultura, controle de plantas daninhas e aração após a colheita. O controle químico mais eficiente é o preventivo.

[1] Ph.D. EMBRAPA/CNPMS, C.P. 151. Sete Lagoas-MG. 35701-970. E-mail: ivancruz@cnpms.embrapa.br, FAX 031 779 1088. Fone 031 779 1144

2.1.1 Cupins

Os cupins mais importantes para a cultura do milho são os de hábitos subterrâneos, pertencentes aos gêneros *Proconitermes*, *Heterotermes* e *Cornitermes*, todos pertencentes à família Termitidae e à ordem Isoptera. Esses insetos atacam as sementes do milho plantado, destruindo-as antes da germinação e, como conseqüência, acarretam falhas na cultura. Atacam também as raízes de plantas novas e fazem o descortiçamento total da raiz axial, deixando intacta a parte lenhosa. Os sintomas são notados quando a planta começa a ressentir-se do ataque, mudando de coloração e murchando as folhas, até sua morte completa.

2.1.2 Percevejo-castanho - *Scaptocoris castaneum* (Hemiptera: Cydinidae)

O percevejo adulto tem de 7 a 9 mm de comprimento e de 4 a 5 mm de maior largura. As pernas anteriores são destinadas à escavação e as posteriores possuem fortes cerdas e espinhos. As formas jovens são de coloração marrom-clara. Durante a noite, podem voar para outras localidades; os ovos são postos no solo. Tanto as formas jovens quanto as adultas possuem hábitos subterrâneos, sugando a seiva das raízes. Os percevejos-castanhos são facilmente reconhecíveis, no momento da abertura dos sulcos, pelo cheiro desagradável que exalam. Nas épocas mais secas, aprofundam-se no solo à procura de regiões mais úmidas, retomando à superfície durante as chuvas.

2.1.3 Larva-alfinete - *Diabrotica speciosa* (Coleoptera: Chrysomelidae)

Os adultos dessa pragas são muito conhecidos, especialmente pela sua coloração verde-amarela, recebendo às vezes a denominação de "nacional"ou "patriota". São pequenos besouros com coloração geral verde, sobressaindo nas asas três manchas amarelas. São insetos pequenos e ágeis, com cerca de seis milímetros de comprimento. Tanto o macho quanto a fêmea alimentam-se das folhas de diferentes culturas e, no milho, seus danos às vezes são confundidos com os ocasionados por larvas de lepidópteros, especialmente da lagarta-do-cartucho, quando raspam as folhas. Os ovos são colocados no solo próximo à planta hospedeira. A larva é cilíndrica e, quando completamente desenvolvida, atinge o tamanho máximo de 10 a 12 mm, com cerca de um milímetro de diâmetro. É de coloração geral esbranquiçada, sobressaindo a cabeça e o ápice de abdômem, que são de coloração preta. Alimenta-se da região da raiz e pode atingir o ponto de crescimento, matando as plantas recém-germinadas. Com o desenvolvimento da planta e também das larvas, é comum o ataque ser verificado nas raízes adventícias, prejudicando o desenvolvimento normal da planta. Em ataques intensos, é comum o aparecimento de raízes nos nós da planta, que se desenvolve de maneira irregular, apresentando-se recurvada.

O ciclo biológico total do inseto dura cerca de 53 dias, sendo de 13, 23 e 17 dias os períodos de incubação, larval e pupal, respectivamente.

2.1.4 Larva-angorá - *Astylus variegatus* (Coleoptera: Melyridae)

Esse inseto, embora não seja comum na cultura do milho, pode, em altas infestações, causar severos danos, por se alimentar, quando larva, do embrião da semente, no solo. Os danos provocados pelos adultos são insignificantes.

O adulto é um inseto pequeno de aproximadamente 7 a 8 mm, sendo o macho um pouco menor. Os élitros são de coloração amarela, com cinco manchas negras. A cabeça é pequena e triangular, sendo, juntamente com o protórax, abundantemente coberta por pêlos. Os ovos são de forma cilíndrica, ligeiramente encurvados, com os extremos arredondados. Medem cerca de um milímetro de largura por 0,40 mm de diâmetro. São de coloração alaranjada. A larva recém-nascida mede cerca de 1,3 mm e apresenta coloração alaranjada, com cabeça e pernas transparentes. Quando totalmente desenvolvida, mede cerca de 14 mm, apresenta coloração cinza-escura e o corpo totalmente coberto por pêlos longos. A

pupa é de cor alaranjada, com cerdas escuras distribuídas em partes distintas do corpo.

Cada fêmea coloca no solo uma média de 90 ovos. O período de incubação varia em função da temperatura, sendo, em média, de nove a treze dias. O período larval é longo, podendo demorar até quase um ano. O período pupal dura de nove a 16 dias, com média de onze dias.

2.1.5 Bicho-bolo - *Phyllophaga* spp., *Phytalus*, *Diloboderus* e *Cyclocephala* spp.(Coleoptera: Scarabaeidae)

As larvas do bicho-bolo têm o corpo esbranquiçado e em forma de C, a cabeça é de cor marrom e possuem três pares de pernas. A ponta do abdômen é brilhante e transparente e o conteúdo interno do corpo pode ser visualizado através da cutícula. As espécies do gênero *Phyllophaga* podem ser distinguidas pelo padrão de setas na face ventral do último segmeno abdominal. Existem duas fileiras paralelas de espinhos no centro daquele segmento. Os adultos medem geralmente 25 mm de comprimento e são de coloração-marrom-escura.

As espécies do gênero *Cyclocephala* apresentam uma distribuição uniforme das setas no último segmento abdominal da larva. Os adultos são de coloração alaranjada, medindo cerca de 13 mm de comprimento.

Esses insetos podem ter um ciclo de vida de dois a quatro anos, embora seja mais comum o ciclo de três anos. Normalmente, colocam os ovos em gramíneas nativas. As larvas recém-nascidas iniciam sua alimentação próximo à superfície do solo. As plantas de milho podem ser severamente danificadas ou enfezadas (stunted) pela alimentação das larvas nas raízes. Em infestações pesadas, a planta pode morrer. Em infestações mais leves, pode ocorrer o tombamento das plantas, em função do enfraquecimento do sistema radicular. Os danos geralmente são localizados, isto é, em reboleiras. Pequenas áreas podem ser totalmente destruídas, enquanto outras permanecem intactas. Essa variação reflete a preferência dos adultos por oviposição em certos tipos de solo. Mesmo pequenas variações na textura do solo aparentemente podem afetar a preferência pela oviposição.

2.1.6 Larva-arame - *Melanotus* spp., *Conoderus* spp. e outros gêneros (Coleoptera: Elateridae)

Os adultos desse insetos variam de seis a 19 mm de comprimento, possuem coloração marrom ou mesmo mais escura e têm forma, alongada, afunilando nas extremidades. Depositam seus ovos no solo, entre as raízes de gramíneas. As larvas alimentam-se das raízes de milho e de outras gramíneas. As larvas recém-nascidas são de coloração esbranquiçada, pequenas e de corpo tenro. Quando completamente desenvolvidas, adquirem coloração marrom-amarelada e o exoesqueleto torna-se bastante esclerotinizado. O período larval varia de dois a cinco anos. Findo esse período, a larva forma uma câmara pupal no solo e transforma-se numa pupa tenra e de coloração branca, permanecendo nesse estádio por um período curto de tempo. Os adultos emergem da pupa e permanecem no solo por algum tempo.

Os danos provocados pela larva-arame são geralmente mais severos em milho plantado após pastagem.

3. LAGARTA-ELASMO - *Elasmopalpus lignosellus* (Lepidoptera: Pyralidae)

A lagarta-elasmo vem tornando-se, juntamente com a lagarta-do-cartucho, umas das principais pragas da cultura do milho em condições de campo. Tem sido observado que essa praga ocorre com maior freqüência em culturas instaladas em solos bem drenados e em períodos secos, após as primeiras chuvas. Também tem sido problemática para culturas em solos sob vegetação de cerrado, sobretudo no primeiro ano de cultivo.

A forma adulta da lagarta-elasmo é uma pequena mariposa, que mede cerca de 20 mm de envergadura e apresenta coloração cinza-amarelada. A postura é feita nas folhas, bainhas, hastes das plantas hospedeiras ou no próprio solo, onde ocorre a eclosão das lagartas, num período variável de acordo com

as condições climáticas. A lagarta, inicialmente, alimenta-se das folhas, descendo em seguida para o solo, penetrando a planta na altura do colo, fazendo uma galeria ascendente que termina destruindo o ponto de crescimento da planta.

As lagartas completamente desenvolvidas medem cerca de 15 mm de comprimento e têm coloração verde-azulada, com estrias transversais marrons, purpúreas ou pardo-escuras. Findo o período larval, em média 21 dias, as lagartas transformam-se em crisálidas, no solo, próximo da haste da planta e, após aproximadamente oito dias, emergem os adultos. Os maiores prejuízos para a cultura do milho são causados nos primeiros 30 dias após a germinação. Portanto, para se identificar a presença da lagarta-elasmo no campo, deve-se proceder a um levantamento considerando aquele período de tempo. Na planta atacada ocorre, primeiramente, a morte das folhas centrais, cujo sintoma é denominado "coração morto". Sendo puxadas com a mão, as folhas secas do centro se destacam com facilidade. Posteriormente, ocorre o perfilhamento ou a morte da planta. Junto ao orifício de entrada, na base da planta, a lagarta constrói um túnel com teia, terra e detritos vegetais, dentro do qual se abriga. Uma característica dessa praga é que as lagartas são bastante ativas e saltam quando tocadas.

Como os inseticidas aplicados logo após o aparecimento da praga não têm propiciado bom controle, tem-se recomendado o controle preventivo com inseticidas sistêmicos, misturados à semente. O controle preventivo, em muitos casos, é viável, dado o baixo valor do nível de controle, que é em torno de 3% ou menos de plantas atacadas, para produtividades acima de 4 toneladas/hectare. Culturas instaladas em solos arenosos, ou após o plantio de outro hospedeiro, como o arroz ou trigo, ou mesmo em cultivos sucessivos de milho e em períodos secos após as primeiras chuvas, terão maiores riscos de ataque da praga.

A utilização de medidas químicas de controle por ocasião do plantio, principalmente no caso de inseticidas sistêmicos, apresenta algumas vantagens em relação ao sistema convencional. Como o inseticida fica agregado à semente, no solo, o risco de contaminação ambiental é menor, inclusive diminui muito o perigo de ser consumido inadvertidamente por animais silvestres, domésticos ou mesmo pelo ser humano. Além do mais, a sua ação por contato sobre os inimigos naturais é mínima. E, como são formulações para pronto uso, dispensam a água, que, em muitos casos e principalmente em grandes áreas, limita o controle químico.

4. TRIPES (Thysanoptera)

São insetos de tamanho reduzido, medindo cerca de 2 mm, e de coloração clara. Ainda são pouco conhecidos dos agricultores, pois têm aumentado de importância em áreas localizadas. Os adultos são facilmente reconhecidos, por apresentarem as asas franjadas. A fêmea adulta insere seus ovos oblongos individualmente nas folhas. Em milho, os insetos fazem estrias esbranquiçadas, finas e longitudinais nas folhas, onde penetram as células, alimentando-se do seu conteúdo. Em altas populações da praga, as estrias podem ser tão numerosas e próximas que provocam uma aparência esbranquiçada, evoluindo para um dessecamento da folha.

Em milho recém-germinado, devido à ausência de raízes secundárias e com pouca umidade disponível, pode haver um aumento dos danos ocasionados pelos insetos. Ventos quentes e secos também ajundam a agravar os danos. Normalmente, em condições adequadas de cultivo, especialmente em relação à umidade, a planta pode rapidamente recuperar-se dos danos. Plantas mais desenvolvidas geralmente não são prejudicadas pelo ataque do inseto. Pouca informação tem sido obtida sobre os métodos mais eficazes de controle.

5. LAGARTA-ROSCA - *AGROTIS IPSILON* (Lepidoptera: Noctuidae)

Várias espécies de lagarta-rosca

atacam a cultura de milho; porém, a espécie *Agrotis ipsilon* tem sido a mais comum. As plantas atacadas por essa lagarta são totalmente improdutivas. Tem sido observado que a cada ano agrícola aumenta a infestação dessa praga em áreas cultivadas com milho. Como são várias espécies envolvidas, o controle químico é difícil. Pode-se considerar esse grupo de pragas como séria ameaça ao bom "stand" da cultura do milho.

O adulto é uma mariposa geralmente de coloração marrom-escura, com áreas claras no primeiro par de asas, e coloração clara com os bordos escuros, no segundo par. O adulto mede cerca de 35 mm de envergadura. As posturas são feitas na parte aérea da planta e cada fêmea põe, em média, 750 ovos durante a sua vida. Após o primeiro instar, as lagartas dirigem-se para o solo, onde permanecem protegidas durante o dia, só saindo ao anoitecer para se alimentarem. A lagarta desse inseto alimenta-se da haste da planta, provocando o seccionamento da mesma, que pode ser total quando as plantas estão com a altura de até 20 cm, pois ainda são muito tenras e finas, e parcial após esse período.

As lagartas completamente desenvolvidas medem cerca de 40 mm, são robustas, cilíndricas, lisas e apresentam coloração variável, predominando a cor cinza-escura. A fase larval dura cerca de 25 a 30 dias, transformando-se em pupa no próprio solo, de onde, após duas ou três semanas, emergem os adultos.

O milho, geralmente, só é atacado pela lagarta-rosca até atingir cerca de 50 cm de altura. Deve-se procurar plantas que apresentam o colmo seccionado na região do coleto. Os sintomas de ataque da lagarta-rosca são: inicialmente, seccionamento parcial do colmo e, quando a lesão é em plantas maiores pode surgir o sintoma chamado "coração morto", com a conseqüente morte da planta; quando a lesão é pequena, surgem manchas semelhantes às causadas por deficiências minerais. A lagarta-rosca pode também provocar um perfilhamento, o que é indesejável, pois surgirá uma touceira totalmente improdutiva. Uma larva é capaz de destruir de quatro a seis plantas. As lagartas abrigam-se no solo em volta das plantas recém-atacadas, numa faixa lateral de 10 cm e numa profundidade em torno de 7 cm. As lagartas, quando tocadas, enrolam-se, tomando o aspecto de uma rosca.

Muitas vezes o ataque da lagarta-rosca é confundido com o da lagarta-elasmo; porém, pode ser facilmente distinguido, uma vez que a lagarta-elasmo faz orifícios e penetra o colmo, enquanto que a lagarta-rosca alimenta-se externamente, sem penetrar a planta.

Dados da literatura internacional mostram que o dano da lagarta-rosca depende do estádio de crescimento da planta e também do instar da lagarta. Isto porque, se o seccionamento provocado for acima do ponto de crescimento, a planta pode-se recuperar. A mesma recomendação para o controle da lagarta-elasmo pode ser aplicada para a lagarta-rosca.

6. PRAGAS DA PARTE AÉREA

6.1 Lagarta-do-cartucho - *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae)

A lagarta-do-cartucho é considerada uma das principais pragas do milho, podendo ocorrer durante todo o estádio de crescimento da cultura, causando reduções de 20% em média, na produtividade.

O inseto adulto é uma mariposa com cerca de 35 mm de envergadura, de coloração pardo-escura nas asas anteriores e branco-acinzentada nas posteriores. As posturas são feitas em massa, com uma média de 150 ovos. O período de incubação dos ovos é de aproximadamente três dias.

As lagartas recém-eclodidas alimentam-se da própria casca do ovo. Após essa primeira alimentação, permanecem em repouso por um período variável de duas a dez horas. Quando encontram hospedeiro adequado, começam a alimentar-se dos tecidos verdes, geralmente começando pelas áreas mais suculentas, deixando apenas a epiderme membranosa, provocando o sintoma conhecido como "folhas raspadas". À medida

que as lagartas crescem, começam a fazer orifícios nas folhas, podendo causar severos danos às plantas. É comum também o ataque na base da espiga ou mesmo diretamente, nos grãos leitosos.

A lagarta completamente desenvolvida mede cerca de 40 mm, com coloração variável de pardo-escura, verde até quase preta e com um Y invertido na parte frontal da cabeça. O período larval depende das condições de temperatura, sendo que, nas condições brasileiras, dura em torno de 15 dias. Findo esse período, a lagarta geralmente vai para o solo, onde se empupa. O período pupal varia de 10 a 12 dias nas épocas mais quentes do ano.

Lagartas de primeiro instar geralmente consomem o tecido verde de um lado da folha, deixando intacta a epiderme membranosa do outro lado. Isto é uma boa indicação da presença de lagartas mais jovens na cultura do milho, uma vez que são poucos os insetos que apresentam hábitos semelhantes e na área atacada pela lagarta-do-cartucho. A presença da lagarta no interior do cartucho pode ser indicada pela quantidade de excrementos ainda frescos existentes na planta, ou constatada abrindo-se as folhas e observando-se lagartas com cabeça escura e com o característico Y invertido na parte frontal da cabeça.

A planta do milho é mais sensível ao seu ataque quando a infestação inicia-se entre 40 e 45 dias de idade. Nessa ocasião, é que geralmente deve ser feito o controle curativo. Para tetos de produtividade em torno de 3.000, a praga deve ser controlada quando aproximadamente 20% das plantas apresentarem o sintoma de "folhas raspadas". Em áreas onde é comum a ocorrência de inimigos naturais, é aconselhável a utilização de produtos químicos somente quando a larva estiver com cerca de 10 a 12 mm. Quanto maior for a produtividade esperada, considerando que o custo do tratamento não irá variar muito com o nível de tecnologia usado, mais rapidamente devem ser iniciadas as medidas de controle.

O controle cultural através de aração após a colheita mata as pupas do inseto diretamente, por esmagamento, ou indiretamente, pela exposição aos raios solares. Manter a cultura limpa, eliminando-se prováveis hospedeiros da praga, também ajuda a diminuir a infestação.

Diversos parasitóides e predadores são citados como reguladores importantes da população natural de *S. frugiperda*. Por exemplo, o predador *Doru lutcipes* tem contribuído substancialmente para o controle biológico da praga.

A utilização de um agente patogênico, como o *Baculovirus*, é uma medida eficiente, econômica e segura para o controle de lagartas pequenas. Os resultados obtidos em condições de lavoura são comparáveis aos químicos. Como vantagens adicionais, não interfere nos outros inimigos naturais e não polui o meio ambiente.

Diversos produtos químicos são registrados para o controle da lagarta-do-cartucho. Entretanto, o agricultor deve sempre ter em mente o conceito de controle integrado. Por isso, a escolha do produto químico deve ser baseada, além da eficiência, na sua seletividade. Sabe-se que alguns produtos do grupo dos piretróides e do grupo dos inseticidas fisiológicos têm pouca atuação sobre o predador *Doru luteipes*. Esses produtos e outros que sejam seletivos a diferentes inimigos naturais devem ser os preferidos.

6.2 Curuquerê-dos-capinzais - *Mocis latipes* (Lepidoptera: Noctuidae)

O curuquerê-dos-capinzais, também conhecido como lagarta-militar, apresenta, em sua fase adulta, coloração pardo-acinzentada nas asas. Mede cerca de 40 mm de envergadura. As fêmeas colocam os ovos nas folhas de milho e o período de incubação é em torno de quatro dias. As lagartas alimentam-se inicialmente da epiderme da folha, danificando a cultura do milho da periferia para o centro. Findo o período larval, em torno de 20 dias, tece o casulo na própria folha que atacou, transformando-se a seguir em pupa e

permanecendo nesse período cerca de dez dias. Os maiores prejuízos causados por esse inseto ocorrem em pastagens. Entretanto, o que se observa a cada ano é o crescimento do ataque ao milho, vindo de lagartas migratórias em grande quantidade, arrasando a cultura.

Esse inseto pode ser facilmente identificado na cultura do milho pela presença de lagartas de coloração verde-escura, com estrias longitudinais castanho-escuras, limitadas por estrias amarelas, do tipo "mede-palmo". O inseto geralmente se alimenta da folha, destruindo-a completamente, com exceção da nervura central. É interessante observar que esse inseto não se alimenta dentro do cartucho da planta, como o faz a *S. frugiperda*.

O controle para essa praga deve ser o químico, realizado imediatamente após constatada a presença das lagartas na lavoura. Como o inseto normalmente ataca primeiro gramíneas nativas ao redor da lavoura de milho, deve-se, como medida cultural, manter a cultura limpa, isto é, eliminar os hospedeiros intermediários. Caso isso não tenha sido feito, pode-se, inclusive, aplicar o produto químico nesses hospedeiros intermediários. Sendo a lagarta muito sensível a produtos químicos, o produtor deve procurar adquirir o produto em função das características já mencionadas para a lagarta-do-cartucho.

6.3 Cigarrinha-das-pastagens *Deois flavopicta* (Homoptera: Cercopidae)

A cigarrinha-das-pastagens, *D. flavopicta* constitui, hoje, um dos mais importantes problemas fitossanitários para a agropecuária brasileira. Isto porque esse inseto é uma importante praga das pastagens, principalmente da braquiária e, a partir de 1979, começou a atacar também lavouras de milho e arroz.

Normalmente ocorrem três picos populacionais de cigarrinha, que se sobrepõem de outubro a abril. O primeiro e o maior ocorre, geralmente, em novembro; o segundo, em fins de janeiro e início de fevereiro e o terceiro, em março/abril. São os ovos ovipositados em março/abril que atravessam o inverno e dão origem ao pico de novembro, que é o mais severo. O dano nas pastagens é causado pela forma jovem (ninfa) e pelo adulto; porém, em milho, somente os adultos atacam. Tanto nas pastagens quanto no milho, a cigarrinha prejudica as plantas por sugá-las e injetar uma toxina que bloqueia e impede a circulação da seiva. Plantas de até dez dias de idade são altamente sensíveis e uma infestação de três a quatro cigarrinhas/planta provoca severos danos; os sintomas de ataque são exibidos dois dias após a infestação e as plantas começam a morrer três a quatro dias após a infestação; porém, plantas acima de 17 dias de idade toleraram bem até os níveis mais altos da infestação; De maneira geral, a capacidade de recuperação das plantas sobreviventes é grande, isto é, todas as folhas que surgem após suspensa a infestação são normais.

O agricultor deve estar atento para as possíveis migrações do insetos das pastagens para o milho ainda jovem. O tratamento de sementes pode propiciar um bom controle se as infestações são precoces. Quando o ataque é intenso e em plantas maiores, se for necessária alguma medida química de controle, deve-se dar preferência para os produtos seletivos e de baixa toxicidade.

6.4 Cigarrinhas - *Peregrinus maidis* (Homoptera: Delphacidae) e *Dalbulus maidis* (Homoptera: Cicadellidae)

São pequenos insetos com cerca de oito milímetros, encontrados geralmente dentro do cartucho da planta de milho e que sugam a seiva, podendo atingir altas populações na cultura. Muito mais do que danos diretos à planta, a sua importância maior está relacionada à transmissão de doenças, como aquelas provocadas por espiroplasma, fitocoplasma e vírus. Uma maneira prática de separação das espécie é observar as tíbias posteriores dos insetos. Em *Dalbulus*, são observadas duas fileiras de espinhos ao longo da tíbia, enquanto que em *Peregrinus* são ausentes, além de apresentar um esporão na base do tarso.

A utilização de cultivares com algum

grau de resistência às doenças tem sido uma das recomendações para evitar os prejuízos ao produtor. Praticamente inexistem inseticidas registrados para o controle efetivo desses insetos, no Brasil.

6.5 Pulgão-do-milho - *Rhopalosiphum maidis* (Homoptera: Aphididade)

O pulgão é um inseto sugador de seiva, que se alimenta pela introdução de seu aparelho bucal nas folhas novas das plantas. Sua reprodução se processa por partenogênese. Tanto as formas ápteras quanto as aladas são constituídas de fêmeas larvíparas. *R. maidis* apresenta coloração geral verde-azulada, medindo as formas ápteras cerca de 1,5 mm de comprimento. As formas aladas são menores e apresentam as asas hialinas transparentes. Vivem em colônias e sobre suas dejeções líquidas desenvolve-se um fundo negro (fumagina), que, revestindo o limbo foliar, prejudica a atividade fotossintética. São vetores de viroses, principalmente mosaico.

Esse inseto pode ser facilmente reconhecido pelo grande número de indivíduos de coloração esverdeada, pequenos, vivendo em colônias nas folhas de milho, geralmente no interior do cartucho.

Os danos ocasionados por esse inseto à cultura do milho somente têm sido significativos a ponto de justificar o seu controle em altas populações. O controle biológico natural tem sido eficiente. Em picos populacionais, quando se justificar o controle, deve-se dar preferência a produtos químicos de baixa toxicidade e seletivos pois, assim, pode-se baixar a população da praga e permitir um novo equilíbrio biológico, mantendo a praga em níveis não econômicos.

7. PRAGAS DO COLMO

7.1 Broca da cana-de-açúcar - *Diatraea saccharalis* (Lepidopera: Pyralidae)

O inseto adulto de *D. saccharalis* é uma pequena mariposa de coloração amarelo-palha, com aproximadamente 20 mm de envergadura. A fêmea coloca os ovos com aspecto de escamas nas folhas do milho e, num intervalo de quatro a nove dias, dá-se a eclosão das lagartas, que inicialmente alimentam-se da folha. Posteriormente, dirigem-se para a bainha e penetram o colmo, fazendo galerias ascendentes. O período larval médio é de 69 dias. As lagartas apresentam a cabeça marrom e o corpo esbranquiçado, com inúmeros pontos escuros. Quando atingem o completo desenvolvimento, as lagartas constroem uma câmara, alargando a própria galeria até o colmo, onde cortam uma seção circular, que fica presa com fios de seda e serragem e transformam-se em pupas, permanecendo nesse estádio por um período variável de 9 a 14 dias, até emergir o adulto. Os prejuízos diretos causados pela lagarta, através da penetração e alimentação no interior do colmo, aparentemente não são importantes, pois a planta atacada produz normalmente, mesmo sob condições de forte infestação natural. Através das galerias, a broca torna a planta bastante suscetível à queda por ação do vento, podendo surgir prejuízos indiretos, que provavelmente são os mais importantes, pois, quando a planta cai, a espiga poderá ficar em contato com o solo, favorecendo a germinação dos grãos e o ataque de microorganismos. Apesar de originalmente ser praga do milho, ela é mais importante em cana-de-açúcar. A broca pode ser reconhecida facilmente pela abertura longitudinal do colmo do milho, onde se observa a presença da própria larva ou da galeria deixada pela mesma.

Em função do local de ataque dessa praga, o controle químico é ineficiente. Considerando a eficiência obtida na cana-de-açúcar com o controle biológico, é possível estender a metodologia também para a cultura de milho.

8. PRAGAS DA ESPIGA

8.1 Lagarta-da-espiga - *Helicoverpa zea* e Lagarta-do-cartucho - *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae)

A lagarta-da-espiga é considerada uma das mais importantes pragas de milho nos Estados Unidos, causando mais danos que qualquer outro inseto. Naquele país, os

prejuízos causados pelas lagartas-da-espiga chegam a até 14% em milho doce, e em certas condições, exigem aplicações de inseticidas a cada 24 ou 48 horas. No Brasil, têm-se verificado danos crescentes em milho, especialmente em função de desequilíbrio biológico, através de aplicações de produtos químicos de amplo espectro de ação. A mariposa coloca seus ovos nos estilo-estigmas (cabelos) quando estes estão ainda verdes. Após a eclosão, as larvas vão se dirigindo para a ponta da espiga, alimentando-se dos grãos em formação.

Além do prejuízo direto causado pela lagarta-da-espiga, seu ataque favorece a infestação de outras pragas importantes, tais como o caruncho, *Sitophilus zeamais* e a traça, *Sitotroga cerealella*.

O inseto adulto é uma mariposa com cerca de 40 mm de envergadura, as asas anteriores são de coloração amarelo-parda, com uma faixa transversal mais escura, apresentando também manchas escuras dispersas sobre as asas. As asas posteriores são mais claras, com uma faixa nas bordas externas.

A fêmea fecundada põe os ovos em qualquer parte da planta, mas de preferência nos estigmas (cabelos) da flor feminina (boneca). Cada fêmea oviposita em média 1.000 ovos durante sua vida. Os ovos são geralmente depositados individualmente e somente um ou dois por planta. Após três a quatro dias dá-se a eclosão das lagartas, que começam a alimentar-se imediatamente. À medida que elas se desenvolvem, penetram o interior da espiga e iniciam a destruição dos grãos em formação. A lagarta completamente desenvolvida mede cerca de 35 mm e possui coloração variável entre verde-clara, rosa marrom ou quase preta, com partes mais claras. O periodo larval é de 13 a 25 dias, findos os quais as lagartas saem da espiga e vão para o solo, para se tornarem pupa. O período pupal requer de 10 a 15 dias.

O ovo da lagarta-da-espiga mede cerca de 1mm de diâmetro, possui forma hemisférica, apresenta saliências laterais e pode ser visualizado através de um exame minucioso do "tufo de cabelos", com uma lupa ou mesmo a olho nu. Após a eclosão, as lagartas penetram as espigas, deixando um orifício bem visível de saída. Na fase de milho verde, geralmente se encontra uma lagarta no interior da espiga infestada, normalmente na ponta da mesma.

A lagarta-do-cartucho, *S. frugiperda,* embora mais comum no cartucho da planta, tem aumentado de ocorrência nas espigas, especialmente em função dos insucessos no seu controle ainda no cartucho. Em determinadas condições, sua presença é maior do que a lagarta-da-espiga.

Para se ter eficiência, a lagarta da espiga deve ser controlada logo após o inicio das posturas, pois, uma vez que a lagarta encontra-se dentro da espiga, a eficiência do controle é muito baixa. Na verdade, a eficiência do controle das pragas das espigas de milho é mais em função do método que do produto em si. Para que haja eficiência, o inseticida deve ser colocado sobre a espiga e, principalmente, na ponta. Isto é conseguido quando se utiliza pulverizador costal. A eficiência é muito menor quando se utiliza a aplicação tratorizada. Nesse caso, deverão ser feitas adaptações na barra, de modo a poder direcionar o bico de pulverização. Existe também possibilidade de fazer a aplicação dos produtos químicos via água de irrigação (convencional ou pivô central). Entretanto, considerando-se a dificuldade de se fazer um tratamento químico em uma lavoura de milho já formada, a carência dos defensivos e mesmo a possibilidade de ter resíduos nos grãos, não tem feito o controle dessa praga com inseticidas químicos. Para lavouras destinadas à exploração de milho verde, adota-se o controle mecânico, ou seja, eliminação da ponta da espiga com um facão, por exemplo, onde geralmente a praga está localizada por ocasião da comercialização.

A utilização de cultivares que apresentem um bom empalhamento, tanto em relação à compressão como ao comprimento além da ponta da espiga, pode propiciar uma diminuição na incidência das pragas. O controle biológico através do predador *Doru*

luteipes (tesourinha) e do parasitóide *Trichogramma* spp. tem sido considerado promissor para o controle das pragas da espiga do milho.

9. ESTRATÉGIAS DE CONTROLE PARA AS PRAGAS CHAVES DE MILHO

9.1 Pragas Iniciais

As medidas de controle para as pragas iniciais da cultura de milho devem ser adotadas antes mesmo do plantio. O agricultor deve ter em mente as seguintes perguntas e respostas:

9.2 Pragas subterrâneas

Qual é o risco de se ter uma ou mais pragas na sua lavoura? Através do histórico da área, conhecendo os cultivos anteriores, pode-se avaliar o risco de ocorrência dessas pragas. Por exemplo, se ocorrer alguma praga subterrânea, haveria como controlá-la uma vez plantado o milho? Não.

9.3 Lagarta-elasmo

Como proceder para monitorar a área e identificar a presença da lagarta-elasmo ou os seus danos? Qual será o custo desse monitoramento? Com a identificação tardia da praga, torna-se praticamente impossível evitar o dano, mesmo que seja adotada alguma medida de controle.

Se identificada a tempo, quais são as medidas de controle mais eficientes? Deve-se considerar que o controle da lagarta-elasmo precisa ser feito rapidamente, em função de capacidade destrutiva da praga. Nesse caso, os equipamentos para pulverização, bem como os inseticidas, devem estar em boas condições.

Em função do tamanho da área, deve-se avaliar se os equipamentos existentes para pulverização são suficientes para efetuar o controle em menos de 24 horas, para deter rapidamente a ação da praga.

Deve-se também ter em mente que, em função da localização da praga, na base da planta, e por ela estar protegida por um casulo, é necessário usar altos volumes de água (acima de 400 l/ha) e dirigir o jato para a base da planta.

Se o plantio não for uniforme e se não houver habilidade do operador de máquina (quando a aplicação for feita com trator), a eficiência cai, em função de se jogar grande parte do produto fora do alvo (são aplicadas subdoses).

Se a aplicação for através de água de irrigação, haverá uma cobertura total e a maioria dos produtos irá cair fora do alvo, que é a base da planta.

9.4 Inimigos naturais

Além do que foi falado anteriormente, deve-se considerar que existem insetos benéficos; ou são polinizadores, como as abelhas e mangangabas ou, principalmente, inimigos naturais, insetos estes chamados agentes de controle biológico, que ajudam o agricultor a combater suas pragas de maneira natural.

A aplicação de inseticidas não seletivos e/ou a aplicação não dirigida, como a realizada via água de irrigação, podem afetar drasticamente o balanço na lavoura e favorecer as pragas, pela eliminação de seus inimigos naturais.

É preciso, também, conhecer o período residual do inseticida utilizado para o controle da lagarta-elasmo, porque se, após a pulverização para combater a lagarta-elasmo, ocorrer a lagarta-do-cartucho, percevejos ou mesmo as cigarrinhas, muito provavelmente deverá ser realizada uma outra pulverização. Aumenta-se o custo do controle e os efeitos nocivos mencionados anteriormente, como a eliminação dos inimigos naturais, por exemplo.

Qual seria, então, a alternativa? Em função de todos os problemas apontados e dos conhecimentos adquiridos pelos órgãos de pesquisa, têm-se buscado alternativas mais eficientes, que atendam os princípios ecológicos, visando inclusive preservar o meio ambiente. Uma dessas alternativas tem sido o uso de produtos químicos sistêmicos, via tratamento da semente. Várias empresas têm tentado desenvolver produtos eficientes e seguros para uso nessa modalidade.

9.5 Tratamento de Sementes

Vários produtos e doses já foram avaliados, principalmente, para o controle da lagarta-elasmo, em órgãos de pesquisa, no Brasil, atestando a eficácia dos produtos. Também tem sido demonstrada eficácia do controle da cigarrinha-das-pastagens e da lagarta-do-cartucho, quando o ataque ocorre logo após a germinação.

Resultados significativos têm sido observados na proteção da semente e/ou plântulas contra as pragas subterrâneas, com maior número de plantas por unidade de área em comparação às áreas não tratadas. Muitas vezes, o produto químico não chega a matar a praga, mas apresenta um grande efeito de repelência.

Atualmente, o custo do inseticida para tratamento da semente por hectare equivale a cerca de 100 kg de grãos. Portanto, muito menor do que o valor da semente, do adubo ou do herbicida. Já o custo da mão-de-obra para aplicação é cerca de 1% do valor de uma pulverização feita com trator. Além disso, não há custo adicional para monitorar a presença das pragas na lavoura, a atuação é imediata e a aplicação é seletiva, não apresentando desperdício de produto e nem afetando insetos benéficos por contato, já que sua circulação é dentro da planta. Alguns produtos com a classificação toxicológica III já se encontram no mercado, ou seja, são de rótulo azul e, portanto, não tão prejudiciais ao meio ambiente. Todos esses produtos são formulados prontos para o uso, não havendo necessidade de adicionar água. Na verdade, o tratamento da semente é um seguro que o produtor faz contra o ataque das pragas iniciais na cultura de milho.

10. RESULTADOS DE PESQUISA

10.1 Efeito do tratamento de sementes de milho com Inseticidas sobre as Pragas Iniciais e Impacto no Rendimento de Grãos (Cruz 1996).

A seguir, serão mostrados os resultados de um trabalho cujo objetivo foi avaliar os ingredientes ativos carbofuran, carbosulfan e thiodicarb, sozinhos, ou em mistura com micronutrientes (boro, zinco e molibdênio), todos em formulação para tratamento de sementes, sobre algumas pragas e sobre o rendimento de grãos.

Os experimentos foram realizados em Sete Lagoas (2) e Janaúba (1), MG, em área experimental da Embrapa Milho e Sorgo. Os micronutrientes utilizados foram zinco, boro e molibdênio, em concentrações recomendadas pelo fabricante. Para cada inseticida, foi utilizado 1 kg de sementes, as quais foram colocadas em sacos de plástico transparente, de 5 kg de capacidade, e, a seguir, foi adicionado o produto. Foi realizada a homogeneização por cerca de cinco minutos, até que todas as sementes estivessem uniformemente cobertas. O plantio foi efetuado no dia seguinte ao tratamento, nos experimentos de Sete Lagoas, e dois dias após, no experimento de Janaúba. As avaliações basearam-se no número de plantas emergidas, no ataque da lagarta-elasmo e lagarta-do-cartucho, no número de plantas e espigas na colheita e no rendimento de grão. Para se avaliar o ataque da lagarta-elasmo, foram realizadas contagens, de dois em dois dias, do número de plantas mortas e também do número de plantas sobreviventes. Para a lagarta-do-cartucho, avaliou-se a percentagem de plantas atacadas.

Aos 12 dias após o plantio (DAP), a percentagem de emergência de plantas no primeiro experimento de Sete Lagoas variou de 75,3% (testemunha) a 89,6% (parcelas cujas sementes foram tratadas com Semevin + micronutrientes) (Tabela 1). A média geral de emergência foi de 83,4%. O plantio nessa região, quando realizado em outubro, normalmente está sujeito ao ataque da lagarta-elasmo. Já na primeira avaliação da emergência das plantas foram encontradas plantas atacadas. Aos 22 DAP, a queda no número de plantas, entre as duas avaliações, variou de 1,8% (parcelas tratadas com Semevin + micronutrientes) a 17,4% (parcelas testemunhas). A queda no número de plantas foi de 5% para as parcelas tratadas com Semevin, 7,1% para Furadan e 5,3% para o

Furazin. Aos 32 DAP, a queda percentual foi: testemunha, 20,4%; Semevin + micronutrientes, 3,02%; Semevin + micronutrientes + peridian, 4,7; Semevin, 6,3%; Furazin, 7,6 % ; Furadan, 9,8%; e Semevin + peridian, 6,4%. Ainda pela Tabela 1, fazendo a comparação entre os tratamentos, observam-se variações percentuais a maior, de 5 a 19%, nas parcelas tratadas em relação à testemunha. O maior percentual foi obtido nas parcelas tratadas com o Semevin + micronutrientes. Com o passar do tempo e com a ocorrência da lagarta-elasmo, as diferenças em relação à testemunha tornaram-se maiores, variando de 19 a 45%.

Na primeira avaliação do ataque da lagarta do cartucho, realizada dez dias após a emergência, 63,4% das plantas nas parcelas testemunhas apresentavam-se com algum dano do inseto; percentagem de dano semelhante foi observada nas parcelas em que as sementes foram tratadas com Furadan e Furazin. As menores percentagens foram encontradas nas parcelas tratadas com Semevin e com Semevin + micronutrientes. Na segunda avaliação, realizada dez dias após a primeira, já não se observaram diferenças entre as parcelas; provavelmente a ação dos produtos já não era eficiente nesta ocasião (Tabela 2).

O número de plantas obtido na colheita variou de 28.678 a 40.786 por hectare, sendo o menor número proveniente da testemunha, que diferiu significativamente de todos os outros tratamentos. Situação semelhante ocorreu para o número de espigas e rendimento de grãos (Tabela 3).

O segundo experimento, realizado em Sete Lagoas, foi conduzido numa época que normalmente se tem alta infestação da lagarta-elasmo. A percentagem média de emergência foi acima de 83% para todos as parcelas (Tabela 4). Não houve diferença significativa entre os inseticidas para número de plantas mortas pela lagarta-elasmo, número de plantas obtido na colheita e rendimento de grãos. O menor rendimento foi obtido das parcelas cujas sementes não foram tratadas (2.367 kg/ha). Os rendimentos das demais parcelas foram significativamente semelhantes, com média de 3.185 kg/ha (Tabela 4).

Em Janaúba, MG, aos 13 DAP, a emergência das plantas nas parcelas sem tratamento das sementes foi de 52,2%. As maiores emergências foram obtidas quando as sementes foram tratadas com Semevin + micronutrientes (73,3%), Furazin (71,7%), Ralzer a 2,0 l (65,2 %) e Marshall (67,3%). Apesar da baixa percentagem de emergência, quando se comparam os tratamentos, observam-se diferenças desde 12 até 40% favoráveis ao tratamento das sementes. Os maiores valores foram obtidos de parcelas que receberam tratamentos com inseticidas misturados a micronutrientes: Semevin + micronutrientes (40,0%) e Furazin (37%) (Tabela 5). Para o controle da lagarta-do-cartucho, numa avaliação realizada 28 DAP, os produtos, Semevin a 2,0 litros e o Ralzer a 3,0 litros / 100 kg de sementes foram os mais eficientes (Tabela 5).

Para as variáveis obtidas na colheita, o melhor resultado foi de parcelas cujas sementes foram tratadas com Semevin + micronutrientes. O rendimento daquelas parcelas equivaleu a 6.738 kg/ha. Esse rendimento foi estatisticamente semelhante ao obtido das parcelas cujas sementes foram tratadas com Semevin, Ralzer (duas menores doses), Furadan, Furazin e Marshall (Tabela 6).

O uso de inseticidas sistêmicos aplicados como tratamento de sementes tem sido salientado como o meio mais prático e econômico de reduzir os danos de pragas iniciais da cultura da soja (Petty 1967), incluindo *Diabrotica* sp., *Agrotis ipsilon* (Hufnagel), *Elasmopalpus lignosellus* e *Spodoptera frugiperda*, pragas essas também da cultura do milho.

Segundo Robertson (1991) os insetos-pragas que vivem no solo podem ser classificados em três categorias: insetos subterrâneos que atacam a semente em processo de germinação e as raízes em formação; insetos de atividade na superfície do solo que atacam as plântulas e insetos que danificam as raízes de plantas já estabilizadas.

Os insetos das duas primeiras categorias são pragas que influenciam o estabelecimento da cultura, isto é, podem reduzir o número ideal de plantas por unidade de área. Portanto, nesses casos, os inseticidas devem ser aplicados antes, durante ou imediatamente após o plantio, utilizando o tratamento de semente, a aplicação no sulco de plantio ou a pulverização em pré-emergência, dependendo da espécie de praga presente.

Entretanto, o tratamento da semente, por requerer uma menor quantidade de ingrediente ativo do que a aplicação no sulco via pulverização ou aplicação de produtos granulados, é considerado um processo mais econômico (Radford & Allsopp, 1987). No geral, a utilização de um ou outro produto misturado à semente propiciou substancialmente um maior estabelecimento de plantas por unidade de área. Resultados semelhantes foram obtidos por Robertson (1991), que observou um aumento significativo nas taxas de estabelecimento de plântulas em algodão e sorgo devido ao tratamento da semente, embora não houvesse alta mortalidade larval da praga avaliada. Segundo esse autor e Drinkwater *et al.* (1990), alguns produtos químicos, como o carbofuran e furathiocarb, avaliados em seus experimentos, apesar de causarem baixa mortalidade de alguns insetos de solo, propiciam uma alta taxa de proteção à plântula, em função da ação significativa de repelência.

Dessa maneira, a utilização do critério de plantas estabelecidas em função do tratamento químico, como aqui apresentado, foi adequada, principalmente porque representa a ação protetora dos produtos sobre o complexo de pragas subterrâneas. Critério semelhante foi utilizado por Cruz *et al.* (1983), que encontraram um aumento de 10% no número de plantas emergidas de parcelas cujas sementes de milho foram tratadas com inseticidas.

Inseticidas têm sido avaliados para o controle da lagarta-elasmo em diversas culturas, incluindo, além do milho (All *et al.* 1979, Cruz *et al.* 1983), sorgo granífero (Gardner & All 1982), soja (Reynolds *et al.* 1959), amendoin (Arthur & Arant 1956, French & Morgan 1972) e ervilha (Chalfant 1976). Todos esses autores revelaram que o inseto é de difícil controle com inseticida, especialmente através de pulverizações exigindo a utilização de altas doses dos produtos (All & Gallaher 1977). O controle é também dificultado em solo seco (Reed *et al* 1987). A eficiência do tratamento de sementes já tinha sido apontada como a melhor alternativa de controle da praga na cultura do milho (Cruz *et al.* 1983). Ainda hoje, esse tratamento ainda tem sido eficiente, como mostrado neste trabalho, pois a quantidade de plantas mortas pelo inseto nas parcelas sem tratamento da semente foi o triplo daquela obtida nas parcelas tratadas com os inseticidas sistêmicos.

Poucos trabalhos têm sido realizados com a lagarta-do-cartucho, *S. frugiperda*, em relação ao controle químico via tratamento de sementes na cultura do milho. Bowling (1968) na cultura da soja, estudando várias doses de inseticidas via tratamento de sementes, salientou que o Carbofuran nas doses de 126, 249, 375 e 501 gramas do princípio ativo para 100 kg de sementes, foi efetivo no controle de lagartas recém-nascidas, colocadas sobre a planta três semanas após o plantio. Em milho, aparentemente essa eficiência não foi verificada, mesmo utilizando uma dose de 700 g do princípio ativo para 100 kg de sementes.

Tabela 1. Número de plantas de milho obtido de parcelas sujeitas a diferentes tratamentos com inseticidas misturadas às sementes, Sete Lagoas, 1992.

Produto comercial (p.c.)	Princípio ativo	Litros p.c. / 100 kg de sementes	Número de plantas/parcela [2, 3]			Valor Relativo		
			Dias após a semeadura			Dias após o plantio		
			12	22	32	12	22	32
Testemunha			105,5 ± 4,76d	87,2 ± 8,50d	84,0 ± 8,96d	100	100	100
Semevin 350+Micro	Thiodicarb + Zn + B + Mo	2,00 l	125,5 ± 1,26a	123,2 ± 1,76a	121,7 ± 1,87a	117	141	145
Semevin 350 SC+Micro+Peridian[1]	Thiodicarb+Zn+B+Mo+peridian	2,00l	121,2 ± 1,08ab	117,0 ± 0,84ab	115,5 ± 0,96ab	115	134	137
Semevin 350 SC	Thiodicarb	2,00 l	113,5 ± 2,74 bcd	107,8 ± 2,74bc	106,3 ± 2,60bc	107	124	126
Furazin 310 TS	Carbofuran + Zn	2,25 l	118,5 ± 1,61abc	112,2 ± 2,24bc	109,5 ± 2,20bc	112	129	130
Furadan 350 SC	Carbofuran	2,00 l	110,5 ± 4,46cd	102,7 ± 2,85c	99,7 ± 3,15c	105	110	119
Semevin 350 SC+Peridian	Thiodicarb + peridian	2,00 l	123,2 ± 2,48a	117,8 ± 2,56ab	115,3 ± 2,98ab	117	135	137
CV (%)			5,6	7,6	8,2			

[1] Peridian é um adjuvante; [2] Máximo de 140 plantas.
[3] Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem significativamente entre si, nível de 5 %, segundo o teste de Duncan.

Tabela 2. Percentagem de infestação por lagartas de *Spodoptera frugiperda* em parcelas de milho sujeitas a diferentes tratamentos com inseticidas misturados às sementes, Sete Lagoas, 1992.

Produto comercial	Dias após a germinação		Média
	10	20	
Testemunha	63.4 ± 5.71a	36.2 ± 4.35	49.8 ± 5.35
Semevin 350 SC + Micro	16.8 ± 3.73c	27.8 ± 3.61	22.3 ± 2.98
Semevin 350 SC + Micro + Peridian	26.9 ± 2.03bc	31.3 ± 2.34	29.1 ± 1.62
Semevin 350 SC	36.3 ± 3.68b	39.9 ± 4.01	38.1 ± 2.65
Furazin 310 TS	55.1 ± 5.43a	42.9 ± 2.95	49.0 ± 3.48
Furadan 350 SC	66.7 ± 4.93a	46.4 ± 3.11	56.5 ± 4.72
Semevin 350 + Peridian	38.8 ± 4.23b	35.9 ± 3.37	37.3 ± 2.62
CV (%)	26,0	24,9	

[1] Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem significativamente entre si, ao nível de 5%, segundo o teste de Duncan

Tabela 3. Número de plantas, número de espigas e rendimentos de grãos obtidos de parcelas sujeitas a diferentes tratamentos com inseticidas misturados às sementes de milho, Sete Lagoas, 1992.

Tratamento	Plantas/ha[1] (x 1000)	Espigas/ha[1] (x 1000)	Rendimentos[1] kg/ha (x 1000)
Testemunha	28,7 ± 3,05d	39,6 ± 1,82c	4,7 ± 0,34c
Semevin + Micro	40,8 ± 1,00a	50,1 ± 1,67a	6,2 ± 0,20a
Semevin + Micro + Peridian	38,7 ± 0,77ab	48.3 ± 1,12ab	5,9 ± 0,09ab
Semevin	36,1 ± 0,91bc	48,2 ± 0,93ab	5,7 ± 0,15ab
Furazin	36,8 ± 0,74bc	47,5 ± 1,50ab	5,6 ± 0,18ab
Furadan	34,2 ± 1,19c	45,5 ± 1,23b	5,3 ± 0,23b
Semevin + Peridian	37,7 ± 0,71abc	47,1 ± 1,46ab	5,5 ± 0,21b
C.V. (%)	8,2	7,4	9,6

[1] Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem significativamente entre si, ao nível de 5 %, segundo o teste de Duncan.

Tabela 4. Efeito de diferentes inseticidas misturados a sementes de milho, sobre a lagarta-elasmo, *Elasmopalpus lignosellus*, no número de plantas e nos rendimentos, Sete Lagoas, 1993.

Produto comercial (p.c.)	Princípio ativo	Litros p.c. / 100 kg	Número de plantas por parcela[1]		Plantas mortas [2]	Rendimento kg\ha[2]
		sementes	Dias após o plantio			(x 1000)
			13	28		
Testemunha			83,0 ± 1,48bc	55,8 ± 4,15b	25,2 ± 4,07a	2,4 ± 0,20b
Semevin 350 SC	Thiodicarb	2,00	83,0 ± 1,76c	78,0 ± 2,98a	5,4 ± 1,89b	3,2 ± 0,19a
Futur 300 SC	Thiodicarb + Zn + B + Mo	2,00	86,4 ± 1,33abc	81,0 ± 2,07a	5,2 ± 1,62b	3,3 ± 0,25a
Futur 300 SC	Thiodicarb + Zn + B + Mo	2,33	90,0 ± 1,14a	80,6 ± 4,13a	9,8 ± 3,92b	3,3 ± 0,35a
Furazin 310 TS	Carbofuran + Zn	2,25	88,4 ± 1,29abc	78,2 ± 1,11a	8,8 ± 0,49b	3,1 ± 0,10a
Ralzer 350 SC	Carbofuran	2,00	84,8 ± 1,85abc	77,6 ± 3,23a	8,6 ± 3,37b	2,9 ± 0,26a
Furadan 350 SC	Carbofuran	2,00	89,0 ± 1,38ab	78,6 ± 1,99a	10,2 ± 1,08b	3,3 ± 0,17a
C.V. (%)			4,9	8,3	25,4	12,2

[1] Máximo de 100 plantas; [2] Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem significativamente ao nível de 5%, segundo o teste de Duncan

Tabela 5. Número de plantas de milho e percentagem de ataque da lagarta do cartucho, *Spodoptera frugiperda*, obtidos de parcelas sujeitas a diferentes tratamentos com inseticidas misturados às sementes, Janaúba, 1992.

Produto comercial (p.c.)	Princípio ativo	Litros p.c./ 100 kg de sementes	Número real de plantas/parcelas[1,2]		Número relativo de plantas por parcela		Plantas com danos da lagarta- do-cartucho (%)
			Dias após o plantio		Dias após o plantio		Dias após o plantio
			13	28	13	28	28
Testemunha			52,2 ± 10.00b	50,3 ± 7,51b	100	100	77,0 ± 6,24a
Semevin 350 CS+ Micro	Thiodicarb + Zn + B + Mo	2,00	73,3 ± 1,93[a]	70,8 ± 1,02a	140	141	25,3 ± 9,11d
Semevin 350 SC	Thiodicarb	2,00	68,0 ± 3,96[a]	66,0 ± 3,18a	130	131	33,5 ± 5,88cd
Ralzer 350 SC	Carbofuran	2,00	65,2 ± 2,52[a]b	63,2 ± 1,98ab	125	123	60,1 ± 4,49ab
Ralzer 350 SC	Carbofuran	2,50	58,7 ± 4,78[a]b	56,5 ± 3,74ab	112	112	60,4 ± 3,84ab
Ralzer 350 SC	Carbofuran	3,00	58,0 ± 3,70[a]b	57,3 ± 2,84ab	113	114	31,1 ± 3,01d
Marshall 250 TS	Carbosulfan	2,80	67,3 ± 4,33[a]	66,8 ± 3,48a	129	133	56,9 ± 8,43b
Furazin 310 TS	Carbofuran + Zn	2,25	71,7 ± 3,84[a]	70,7 ± 2,90a	137	140	57,9 ± 4,55b
Furadan 350 SC	Carbofuran	2,00	64,8 ± 3,22[a]b	63,0 ± 3,21ab	124	125	49,5 ± 4,86bc
CV (%)			17,3	17,3			28,8

[1] Máximo de 100 plantas

[2] Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem significativamente entre si, an nível de 5%, segundo o teste de Duncan.

Tabela 6. Número de plantas, número de espigas e rendimentos de grãos obtidos de parcelas sujeitas a diferentes tratamentos com inseticidas misturados às sementes de milho, Janaúba, 1992.

Produto comercial (p.c.)	Litros p.c./100 kg de sementes	Plantas/ha[1] (x 1000)	Espigas/ha[1] (x 1000)	Rendimento (kg/ha)[1] (x 1000)
Testemunha		24,9 ± 4,93c	33,2 ± 5,50b	4,6 ± 0,77c
Semevin 350 SC+ Micro	2,00	35,0 ± 1,12a	46,7 ± 1,94a	6,7 ± 0,40a
Semevin 350 SC	2,00	32,9 ± 2,11ab	32,9 ± 2,11b	6,4 ± 0,43ab
Ralzer 350 SC	2,00	31,1 ± 1,31abc	31,1 ± 1,31b	6,2 ± 0,33ab
Ralzer 350 SC	2,50	27,5 ± 2,44bc	27,5 ± 2,44b	5,3 ± 0,74abc
Ralzer 350 SC	3,00	28,1 ± 1,94abc	28,1 ± 1,94b	5,2 ± 0,46bc
Marshall 250 TS	2,80	32,8 ± 1,89ab	32,8 ± 1,89b	6,1 ± 0,47abc
Furazin 310 TS	2,25	34,0 ± 1,53ab	34,0 ± 1,36b	6,4 ± 0,34ab
Furadan 350 SC	2,00	30,4 ± 1,47abc	30,4 ± 1,47b	6,1 ± 0,26abc
CV (%)		17,8	18,7	19,3

[1] Médias seguidas pela mesma letra, na coluna não diferem significativamente, ao nível de 5%, segundo o teste de Duncan**Lagarta-do-cartucho**

No geral, a utilização de um ou outro produto misturado à semente, propiciou substancialmente um maior estabelecimento de plantas por unidade de área, principalmente pela atuação sobre aquelas pragas que causam mortalidade à planta, isto é, sobre pragas subterrâneas e sobre a lagarta-elasmo. Em função do maior número de plantas estabelecido e em menor escala, pela atuação de alguns produtos sobre a infestação da lagarta-do-cartucho, houve diferença significativa na produção. O rendimento médio obtido de parcelas tratadas foi de 4.990 kg/ha, ou seja, 1.080 kg/ha a mais (27,6 %) do que o rendimento obtido de parcelas testemunhas (3.910 kg/ha), mostrando que o tratamento químico da semente de milho com inseticidas para o controle de pragas iniciais é uma tecnologia viável. Apesar de ainda ser necessário um maior volume de informações, os dados obtidos indicaram uma tendência de melhores resultados no estabelecimento da cultura do milho quando os inseticidas estavam misturados com micronutrientes, especialmente para o princípio ativo thiodicarb.

Uma vez que o produtor tenha protegido a lavoura no início, sua preocupação passa a ser com o ataque da lagarta-do-cartucho. Essa praga difere de praticamente todas as outras que ocorrem no milho, por atacar todas as fases fenológicas da cultura, ou seja, desde a planta recém-emergida até os grãos na espiga.

Há cerca de dez anos, essa praga era de importância muito menor para o milho. O número médio de pulverizações por safra era inferior a um. Atualmente, em algumas regiões de São Paulo, Minas Gerais, Espírito Santo, Goiás e Bahia, fazem-se mais aplicações, podendo chegar a até dez no final da safra. A presença da praga na espiga de milho é uma grande preocupação, especialmente para os produtores de milho para sementes, para o consumo *in natura* ou para a indústria (milho em conserva).

O aumento da importância dessa praga, entre outros fatores, pode estar relacionado com o manejo inadequado, que, além de favorecer o aparecimento de uma população de praga mais resistente, fatalmente eliminará seus inimigos naturais. Na verdade, a eliminação de inimigos naturais beneficia não só a lagarta-do-cartucho, mas também outras pragas que anteriormente não eram importantes. São exemplos o aumento das populações de cigarrinhas, tripes e percevejos, entre outros.

11. MEDIDAS DE CONTROLE

A eficiência dos inseticidas registrados para a o controle dessa praga varia pouco entre os produtos. Portanto, o agricultor deve procurar outras alternativas, visando manejar adequadamente a praga, como o tratamento de sementes com inseticidas sistêmicos, para possibilitar o controle da lagarta, logo após a emergência.

Deve-se tentar também a utilização de inimigos naturais no controle da lagarta-do-cartucho. Já existem estudos sobre o potencial de diferentes inimigos naturais que, em certas circunstâncias, podem diminuir consideravelmente a população da praga no campo. Portanto, a decisão sobre as medidas químicas de controle da praga deve levar em conta esses inimigos naturais. São importantes pelo menos quatro espécies, por atuarem em ovos ou lagartas pequenas. Três delas são pequenas "vespas", cujas larvas se desenvolvem dentro dos ovos ou das lagartas da praga e, por isso, é muito difícil para o agricultor observá-las.

Outro inimigo natural, talvez o mais importante, e facilmente percebido pelo produtor, é a chamada "tesourinha" (*Doru luteipes*). Esse inseto é um excelente predador, pois alimenta-se tanto de ovos como de lagartas pequenas. A presença do inseto é verificada no cartucho da planta, onde a fêmea coloca seus ovos, ou na espiga. Nesta, os ovos são colocados nas primeiras camadas de palha. Nos cabelos de milho, a tesourinha atua alimentando-se de ovos e de pequenas lagartas, que são de difícil controle, uma vez que, dirigindo-se para o interior da espiga, ficam protegidas pela palha.

12. ÉPOCA DE APLICAÇÃO

Como os inimigos naturais mais importantes atuam em ovos e lagartas de até 1 cm, as medidas de controle devem ser utilizadas somente quando a praga atingir essa dimensão e quando a porcentagem de plantas atacadas verificada no campo for ao redor de um valor calculado. Esse valor leva em consideração o custo da medida de controle, o potencial de dano da praga e o valor estimado da produção. Na Tabela 7, encontra-se alguns valores para o nível de controle da praga. Por exemplo, para produtividade de 8 toneladas e a um custo de controle de R$ 10,00, o nível de controle será de 5,3% de plantas atacadas. A amostragem no campo deve ser realizada em cinco pontos por hectare, amostrando, em cada ponto, 100 plantas consecutivas. Essa percentagem pode ser bem menor quando o valor da cultura é elevado, seja em função do alto nível de tecnologia usado ou do destino da produção, como por exemplo, sementes ou venda *in natura*.

Tabela 7. Nível de controle da lagarta do cartucho - NC (% de plantas atacadas)[1]

Custo do Tratamento CT (US$)	Valor da produção (US$) - VP				
	(Produtividade (kg/ha) [2] x preço do produto em US$ [3])				
	350	467	583	700	933
6	8.6	6.4	5.1	4.3	3.2
7	10.0	7.5	6.0	5.0	3.7
8	11.4	8.6	6.9	5.7	4.3
9	12.8	9.6	7.7	6.4	4.8
10	14.3	10.7	8.6	7.1	5.3
11	15.7	11.8	9.4	7.8	5.9

[1] NC (%) = 100 CT 0.20 / VP; [2]. Valores correspondentes a produtividades de 3, 4, 5, 6, e 8 t/ha;
[3]. Preço por saco de 60 kg = US$ 7.00

13. PRODUTOS SELETIVOS

Existem, no mercado brasileiro, produtos de seletividade fisiológica, ou seja, de baixa toxicidade para o ser humano, animais domésticos e inimigos naturais das pragas. Existem também produtos com modo de atuação, na maioria das vezes, por contato, mas que apresentam seletividade a um ou outro inimigo natural. Esses inseticidas também devem ser considerados como prioritários para uso contra a lagarta-do-cartucho. O agricultor deverá consultar um agente de extensão rural, um pesquisador ou mesmo o próprio fabricante do produto e informar-se sobre a seletividade do inseticida a ser adquirido.

A Embrapa Milho e Sorgo vem desenvolvendo atualmente pesquisas visando estabelecer uma melhor estratégia do manejo da lagarta-do-cartucho. Entre os pontos importantes dessa estratégia, o agricultor deve seguir os seguintes princípios:

1. Utilizar medidas de controle na época correta, considerando que a planta é mais sensível aos 35 a 40 dias após o plantio;
2. Inseticida muito tóxico elimina inimigos naturais e pode haver ressurgência da praga;
3. Aplicação sobre lagartas recém-nascidas eliminará os inimigos naturais mais importantes;
4. Aplicar sobre lagartas de 10 a 12 mm;
5. Considerar que os inimigos naturais ajudam na manutenção do controle;
6. Selecionar o inseticida em função de: eficiência no campo, eficiência a diferentes instares da praga, toxicidade, custo/ha, seletividade a inimigos naturais (tesourinha, *Doru luteipes*, vespinhas, *Campoletis flavicincta*, *Trichogramma* e *Telenomus*).

Tabela 8. Características de alguns inseticidas utilizados para o controle da lagarta-do-cartucho.

Inseticida	Princípio ativo	Dose/ha	Mortalidade Campo %	Custo do Controle/ha	Toxicidade Relativa	Pontuação
Danimen 300 CE	Fenpropathrin	100 ml	97	68	25	190
Decis 25 CE	Deltamethrin	150 ml	95	100	50	245
Deltaphos EC	Deltamethrin + triazophos	300 ml	99	57	25	181
Fury 180 EW	zetacypermethrin	60 ml	95	82	50	227
Hostathion 400 BR	Triazophos	400 ml	93	60	25	178
Karate 50 CE	Lambdacyhalothrin	150 ml	96	98	50	244
Lannate BR	Methomyl	500 ml	91	76	25	192
Lorsban 480 BR	Chlorpirifos	600 ml	93	55	50	198
Polythrin 400/40	Profenophos + cypermethrin	300 ml	91	62	50	203
Alsystin 250 PM	Triflumuron	100 g	86	44	100	230
Dimilin 250 PM	Diflubenzuron	100 g	90	45	100	235
Match CE	Lufenuron	200 ml	92	43	75	210

Custo de Controle Relativo; Toxicidade: Classe I = 25%, II = 50%, III = 75%, IV = 100%

Tabela 9. Impacto de alguns inseticidas sobre diferentes inimigos naturais *de Spodoptera frugiperda*.

Inseticida	Sobrevivência (%)				Pontuação	
	Doru	*Campoletis*	*Telenomus*	*Trichogramma*	Seletividade (Subtotal 2)	Total
Danimen 300 CE	98	93	72	91	354	544
Decis 25 CE	99	95	73	77	344	589
Deltaphos EC	89	80	55	70	294	475
Fury 180 EW	97	67	76	83	323	550
Hostathion 400 BR	85	84	44	74	287	465
Karate 50 CE	85	81	52	87	305	549
Lannate BR	85	76	68	49	278	470
Lorsban 480 BR	36	52	00	29	117	315
Polythrin 400/40	86	91	66	36	279	482
Alsystin 250 PM	90	88	84	84	346	576
Dimilin 250 PM	96	90	68	74	328	563
Match CE	93	86	83	55	317	527

As Tabelas 8 e 9 reúnem dados relativos a alguns produtos com potencial para uso no controle da lagarta-do-cartucho. Como existem ainda outras variáveis a serem pesquisadas, o agricultor deve considerar os dados da Tabela como indicativo para ajudar na sua escolha do melhor produto. As Tabelas foram organizadas baseadas em pontuações que variam de 0 a 100. Para todas as variáveis, quanto maior a pontuação melhor será o produto para uso no manejo da lagarta-do-cartucho. A Tabela 8 considera a eficiência de cada inseticida sobre a praga, o custo de controle/ha e a toxicidade relativa (classe toxicológica). Nesse caso em particular, atribuiu-se o índice 25, 50, 75 e 100, para o inseticida da classe I, II, III e IV, respectivamente. Na Tabela 9, foi computada a sobrevivência dos diferentes inimigos naturais da praga.

14. LOCALIZAÇÃO DA PRAGA

14.1 Cartucho da planta

Deve-se ter sempre em mente que a lagarta encontra-se no interior do cartucho do milho e é ali que o produto deve cair. Portanto, numa aplicação feita com trator, deve-se calibrar perfeitamente o equipamento e, especialmente, posicionar o bico de pulverização de modo a passar exatamente sobre o cartucho da planta. Por isso, e em função de quase sempre se ter uma desuniformidade no alinhamento das plantas, o uso do bico em ângulo, como o bico leque, deve ser preferido. Nas aplicações via água de irrigação, quando o produto é aplicado em cobertura total, é fundamental o uso de produtos altamente seletivos.

Na aplicação do inseticida realizada com trator, dependendo do desenvolvimento das plantas, pode haver perda da eficiência pelo tombamento das mesmas (Tabela 10). Em certos casos, haverá necessidade de incrementar a dose dos produtos.

Tabela 10. Mortalidade média de lagartas de *Spodoptera frugiperda* provocada por inseticidas aplicados com pulverizador costal ou com trator.

Inseticida	Princípio Ativo	Dose(ml/ha)	Modalidade de aplicação	
			Costal	Trator
Lorsban 480 BR	Chlorpirifos	600	98,8	65,5
Lannate BR	Methomyl	500	96,2	70,4
Karate 50 CE	Lambdacyhalothrin	150	87,7	62,7
Danimen 300 CE	Fenpropathrin	100	93,4	67,6
Fury 180 EW	Zetacypermethrin	60	92,9	65,5
Lorsban 480 BR		900		87,3
Lannate BR		750		86,6
Fury 180 EW		90		74,7
Danimen 300 CE		150		79,1
Karate 50 CE		225		71,2

14.2 Espiga

O produtor deve estar consciente de que, quando o ataque da lagarta é na região da espiga, a eficiência do controle é drasticamente reduzida, não em função do inseticida mas sim da ineficiência do método de aplicação. Além da baixa eficiência, o produtor estará gastando mais dinheiro com inseticida, e, com certeza, causando um problema muito maior, pela eliminação daqueles insetos benéficos presentes na área. Por isso, é fundamental o manejo correto da lagarta-do-cartucho enquanto ela ainda está na parte vegetativa.

15. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

All, J.N.; R. N. Gallaher. Detrimental effect of non-tillage corn cropping systems involving insecticides, hybrids, and irrigation on lesser cornstalk borer infestations. J. Econ. Entomol. 70: 361-365. 1977.

All, J. N.; R.N. Gallaher; M. D. Jelium. Influence of planting date, preplanting weed control, irrigation, and conservation tillage practices on efficacy of planting time insecticide applications for control of lesser cornstalk borer in field corn. J. Econ. Entomol. 72: 265-268. 1979.

Arthur, B.W. & F.S. Arant. Control of soil insects attacking peanuts. J. Econ. Entomol. 49: 68-71. 1956.

Bowling, C.G. Systemic insecticide seed treatment tests on soybeans. J. Econ. Entomol. 61: 1224-1227. 1968.

Carvalho, R.P.L. Danos, flutuação da população, controle e comportamento de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) e suscetibilidade de diferentes genótipos de milho, em condições de campo. Tese de doutorado, ESALQ/USP, Piracicaba, 170 p. 1970.

Chalfant, R.B. Chemical control of insect pests of the southern pea in Georgia. Univ. Ga. Res. Bull. 179. 31 p. 1976.

Cruz, I. A lagarta-do-cartucho na cultura do milho. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 45p. (Circular Técnica, 21). 1995.

Cruz, I. Efeito do tratamento de sementes de milho com inseticidas sobre o rendimento de grãos. Anais Soc. Entomol. Brasil. 25: 181-189. 1996.

Cruz, I.; Oliveira, L.J.; Santos, J.P. Efeito de diversos inseticidas no controle da lagarta-elasmo em milho. Pesq. Agropec. Bras. 18: 1293-1301. 1983.

Cruz, I.; F.H. Valicente; J.P. Santos; J.M. Waquil; P. A.Viana. Manual de identificação de pragas da cultura de milho. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 67p. 1997.

Cruz, I; Turpin, F.T. Efeito da *Spodoptera frugiperda* em diferentes estadios do crescimento da cultura do milho. Pesq. Agropec. Bras. 17: 355-359. 1982.

Cruz, I; Turpin, F. T. Yield impact of larval infestation of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) to mid-whorl growth stage of corn. J. Econ. Entomol. 76:1052-1054. 1983.

Cruz, I.; Waquil, J.M.; Viana, P.A.; Valicente, F. H. Pragas: diagnóstico e controle. In: Seja o doutor do seu milho. Potafos. Arquivo do Agrônomo, 2. 24p. 1995.

Drinkwater, T.W.; Giliomee, J.H.; Prinngle, K.L. Efficacy of soil-applied and seed dressing insecticides for the control of false wireworm, *Somaticus* species (Coleoptera: Tenebrionidae) attacking maize. Crop Prot. 9:128-130. 1990.

French, J.C. & L.W. Morgan. Damage and control of the lesser cornstalk borer, *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller) on peanuts. J. Am. Peanut Res. Educ. Assoc. 4: 41-42. 1972.

Gardner, W.A. & J.N. All. Chemical control of the lesser cornstalk borer in grain sorghum. J. Ga. Entomol. Soc. 17: 167-71. 1982.

Petty, H.B. How to control soybean insects. Farm Tech. 23: 43-47. 1967.

Radford, B.J.; P. G. Allsopp. Use of insecticides and a press wheel to control soil insects affecting sorghum and sunflower establishment in southern Queensland. J. Aust. Entomol. Soc. 26: 161-167. 1987.

Reed, T.D.; J. W. Todd & M. H. Bass. A new technique for determining the effects of soil moisture on insecticide efficacy against lesser cornstalk borer larvae. J. Entomol. Sci. 22: 169-174. 1987.

Reynolds, H.T., L.D. Anderson & L.A. Andres. Cultural and chemical control of the lesser cornstalk borer in Southern California. J. Econ. Entomol. 52: 63-66. 1959.

Robertson, L.N. Soil-insecticide bioassays and seed treatments for soil-insect control in central Queensland, Australia. Crop Prot. 10: 293-298. 1991.

Waquil, J.M.; I. Cruz; P.A.Viana; J. P. Santos, F. H. Valicente & W. J. R. Matrangolo. Levantamento de pragas subterrâneas e sua importância na redução da população de plantas. p. 133-144. In: Anais Reunião Sobre Pragas Subterrâneas dos Países do Cone Sul, 2. CNPMS, Sete Lagoas, MG, 194p. 1992.

MANEJO INTEGRADO DE DOENÇAS NA CULTURA DO MILHO

Herberte P. Silva[1]
José Otávio M. Menten[2]

1. INTRODUÇÃO

O uso de tecnologia na cultura do milho (*Zea mays L.*) tem sido cada vez maior, através da utilização de híbridos mais produtivos e resistentes às doenças, da maior aplicação de fertilizantes, inseticidas, herbicidas e do uso da irrigação, que certamente contribuem para o aumento do rendimento.

A cultura do milho está sujeita a uma série de fatores bióticos ou abióticos, que alteram a fisiologia e morfologia da planta e, consequentemente, reduzem o rendimento e qualidade. As doenças abióticas (não infecciosas) são causadas, entre outros, por agentes como temperatura, deficiência nutricional, fitotoxidez causada por herbicidas, fertilizantes, etc. e estresse hídrico. As **doenças bióticas** (infecciosas) são causados por fungos, bactérias, vírus, micoplasmas e nematóides e exigem a adoção de medidas de controle visando quebrar a combinação de fatores necessários para o desenvolvimento do processo. Estas últimas serão as consideradas neste texto. A literatura cita pelo menos 95 patógenos afetando desde a germinação das sementes de milho até o final do seu ciclo, incluindo o armazenamento. Neste capítulo serão tratadas as doenças mais importantes para o Brasil, ressaltando a grande variação em prevalência e importância econômica em função da diversidade de condições onde o milho é cultivado, incluindo solo, clima, nível de tecnologia, germoplasma utilizado.

Para que uma doença se estabeleça, é necessário que haja uma relação íntima entre três fatores: **o patógeno**, que é agente causal da doença, o **hospedeiro** (planta suscetível) e o **ambiente**, que deve ser favorável a essa interação. Sempre que um destes fatores faltar ou deixar de existir, o processo doença não é desencadeado ou é paralisado. Este sistema é típico do patossistema selvagem, onde a interação dos três fatores no triângulo da doença, é responsável pela sua ocorrência. Porém, nos agroecossistemas, onde tem-se uma agricultura voltada aos interesses humanos, há a necessidade de incluir um quarto elemento no sistema: o homem.

Com o advento da agricultura moderna e o homem participando do processo doença, há necessidade de se enfocar o controle das doenças do milho dentro dos conceitos do **manejo integrado**. Existe a preferência da utilização do termo **manejo** a **controle** na área fitopatológica, devido ao fato de que controle transmite a idéia de absoluto, significando a destruição e/ou erradicação do patógeno, o que é impossível de ser alcançado pelo homem para a maioria das doenças. O **manejo** admite que os patógenos são parte do agroecossistema e devem ser tratados como tal; baseia-se no princípio de manter a doença abaixo do limiar de dano econômico.

Na prática, o agricultor não tem controle absoluto sobre dois desses fatores: o patógeno e o ambiente. Os patógenos, por

[1] ZENECA SEMENTES LTDA. Caixa Postal: 81, 14140-000, Cravinhos-SP
[2] Professor do Departamento de Fitopatologia da ESALQ/USP. C. P. 9 - 13418-900. Piracicaba-SP. Professor Colaborador da Faculdade de Agronomia. "Manoel Carlos Gonçalves", E.S.Pinhal. SP.

exemplo, estão disseminados na natureza, são transportados principalmente pelo vento e, portanto, seu controle absoluto é praticamente impossível. Quanto ao ambiente, em particular as condições climáticas, o agricultor tem pouco a fazer. O que pode ser feito pelo homem é adoção de medidas de controle que alteram o ambiente, tornando-o menos favorável ao desenvolvimento do patógeno.

O **manejo integrado das doenças** preconiza que o caminho a seguir para obtenção de lavouras com nivel de doença abaixo do limiar de dano econômico seria, em primeiro lugar, a adoção de medidas de **sanitização**, tais como: utilização de semente sadia ou tratada, eliminação de plantas voluntárias ou de restos de culturas, rotação ou sequenciação de culturas, sincronização do plantio da lavoura com outras lavouras em campos adjacentes e o uso do princípio da evasão (plantio em épocas desfavoráveis a ocorrência da doença); em segundo lugar, o uso da resistência genética, principalmente a horizontal, e, em último lugar o uso de defensivos agrícolas.

Na cultura do milho fica claro que o **manejo integrado** das doenças deve enfatizar as medidas sanitárias e a resistência genética. A espécie dispõe de bancos de germoplasma, com fontes de resistência à maioria dos patógenos. Por outro lado, o uso de fungicidas onera o custo de produção podendo inviabilizar a lavoura (para ser adotado, o custo de controle químico deve ser menor que o prejuízo causado pela doença).

O **manejo integrado** procura abordar o controle através de uma visão holística, não ver o controle somente através do uso de um método de controle. Os agricultores, técnicos e pesquisadores devem estar consciente da necessidade da adoção conjunta de outras medidas de controle para manter a doença abaixo do limiar de dano econômico. Para a cultura do milho é muito comum a fixação pela resistência.

A preocupação excessiva com doenças e a procura pelas variedades que apresentem niveis zero de doença, podem acarretar prejuizos maiores decorrentes do seu uso, como por exemplo, o plantio de um material altamente resistente as doenças prevalentes numa região, porém não adaptada a região de cultivo.

A luta do homem com a natureza será eterna. Novas cultivares serão desenvolvidas com resistência aos patógenos prevalecentes, o homem conseguirá reduzir os seus prejuízos e novas doenças, até então consideradas como secundárias, surgirão ameaçando a sua lavoura.

É importante estar sempre atento às demais doenças do patossistema agrícola, pois a preocupação somente com as doenças atuais pode selecionar genótipos com baixa resistência a outras doenças até então consideradas como secundárias.

A partir de 1990 vem ocorrendo o agravamento de doenças de milho no Brasil que, em certas regiões/ ocasiões, tem sido fator limitante do rendimento. Até 1971, por se considerar o milho uma planta rústica, pouca importância era dada às doenças. Após a epidemia de *Helminthosporium maydis* raça T, em 1971, as doenças passaram a ser incluída entre os fatores que influem no rendimento.

As principais causas do aumento da importância da doença do milho a partir de 1990 são: introdução de novos patógenos, produção mais tecnificada (exigindo, por exemplo, boa qualidade do colmo para colheita mecânica), erosão da resistência genética, flexibilidade da época de semeadura (proporcionando a manutenção do inóculo durante todo o ano) e surgimento de novas raças dos patógenos.

Assim, pode-se destacar a semeadura do tarde, denominada **safrinha**, que tem se expandido cada vez mais. Na safrinha, o problema de doenças é grande, particularmente as causadas por patógenos biotróficos e hemibiotróficos.

O estabelecimento da cultura da safrinha predominantemente após a lavoura de soja e o enterrio de restos de cultura é um meio eficiente de controle de patógenos hemibiotróficos.

A seguir são apresentados as principais doenças atuais e as medidas de controle a serem utilizadas dentro do sistema de manejo integrado.

2. PODRIDÕES DE COLMO

As podridões de colmo são consideradas importantes doenças numa agricultura tecnificada. As podridões são responsáveis pelo quebramento do colmo e acamamento, pela interrupção do fluxo de nutrientes do colmo para as espigas e, indiretamente, pelo quebramento do colmo afetando a colheita mecânica, exigindo gastos extras com a catação das espigas. As podridões de colmo são causadas pelos fungos e bactérias, que interrompem o fluxo de nutrientes e paralisam o processo de enchimento de grão.

Algumas condições favorecem epidemiológicamente as podridões de colmo:

a) O ataque de inseto, através de aberturas no colmo ou raízes, predispondo e servindo como agente de inoculação de fungos e bactérias;
b) Altas doses de nitrogênio e baixa de potássio predispõem as plantas, às podridões de colmo;
c) Populações elevadas de planta e menor espaçamento aumentam as podridões devido a um microclima favorável e uma maior competição por nutrientes, que acarreta "estresse" nas plantas, predispondo às podridões;
d) Queima foliares provocadas por doenças, granizo, geadas e ataque de insetos reduzem a área foliar fotossintética e, consequentemente, o baixo nível de fotossintetatos no colmo predispõem a planta aos fungos causadores de podridões.

2.1 Podridão de Diplodia - *Diplodia maydis*

As podridões tem sido mais severas em região com altitude acima de 700 metros, regiões úmidas e temperaturas moderadas.A condição fundamental para predisposição à Diplodia são "estresse" hídrico antes do florescimento, seguido de chuvas (umidade elevada) 2 a 3 semanas após a polinização e temperaturas na faixa de 28 a 30°C.

Os sintomas aparecem várias semanas após a polinização; a seca da planta e morte súbita lembra injúria de geada. A medula torna-se desintegrada e descolorida, com coloração parda e presença de picnídios (pontos negros). Na superfície da casca aparece um crescimento fúngico branco.

Elevadas populações de plantas, altas dose de N e baixa doses de K e queima foliar causada por doença, insetos ou injúrias predispõem também as plantas.

O patógeno sobrevive nos restos de cultura e somente injeta milho.

2.2 Podridão de Fusarium - *Fusarium moniliforme*

A podridão de Fusarium tem sido mais severa em regiões com altitude abaixo de 700 metros, regiões secas e quentes.

Os sintomas de podridão iniciam-se logo após o florescimento sendo uma doença de final de ciclo. Os sintomas são difíceis de distinguir da podridão de Gibberella; são de coloração branca-rosada a salmão.

O patógeno sobrevive em restos de cultura; a penetração pode ser diretamente ou indiretamente; devido aos ferimentos feitos por insetos (*Diatraea* spp. ou lagarta *Spodoptera, Heliothis* spp. etc.).

2.3 Podridão de Gibberella - *Gibberella zeae*

A podridão de Gibberella tem sido mais severas em regiões com altitude acima de 800 m, regiões úmidas e temperaturas amenas. O sintoma que a distingue da podridão diplodia é a coloração avermelhada.

O fungo sobrevive nos restos de cultura e coloniza os colmos em final de ciclo.

2.4 Podridão de Colletotrichum - *Colletotrichum graminicola*

A podridão de Colletotrichum tem sido mais severa em regiões quentes e úmidas, com extensos períodos nublados. O plantio direto favorece esta doença, uma vez que o

patógeno é facilmente destruído pelo enterrio dos restos de cultura.

É considerada uma das mais severas das podridões, pois pode infectar o colmo em vários estádios de desenvolvimento da planta, podendo matar as plantas antes da polinização.

Os sintomas na medula são de coloração preta e/ou castanha. A medula logo torna-se desintegradas.

3. PODRIDÕES DE ESPIGA

As podridões de espigas e grãos são largamente distribuídas ocorrendo em toda as regiões, sendo mais severas em região úmidas, principalmente onde tem-se precipitação acima do normal do florescimento à colheita. As podridões podem ser aumentadas pelo ataque de insetos, danos por pássaros e pelo contato das espigas com o solo.

As podridões reduzem a produção e, principalmente, a qualidade e o valor nutricional do grão, devido as toxinas produzidas pelos fungos.

Os mesmos patógenos, condições climáticas e epidemiológicas válidas para os podridões de colmo são também válidas para as podridões de espigas.

Os principais agentes de podridões de espigas são:

3.1 Podridão de Diplodia - *Diplodia maydis*

É a mais danosa podridão de espigas no Brasil, sendo responsável pela maioria dos grãos ardidos; porém, o fungo não produz micotoxinas. Ocorre com maior freqüência na região sul do Brasil e regiões com altitude de 700 m.

Os sintomas se iniciam na base da espiga, com aspecto branco, cotonoso e, quando severos, as espigas ficam com coloração parda a cinzenta.

3.2 Podridão de Fusarium - *Fusarium moniliforme*

É a mais comum no Brasil, ocorrendo em todas as regiões, porém com maior freqüência em regiões com altitude abaixo de 700 metros; o patógeno é responsável pela produção de micotoxinas. Os sintomas são grãos de cor branco e rosa e podem apresentar estrias finas e brancas no pericarpo; nas espigas os sintomas são mais facilmente encontrados na base ou em grupos de grãos infectados, que ocorrem ao acaso na espiga.

A infecção é facilmente estabelecida devido às injúrias de insetos ou outras formas de injúrias no pericarpo.

3.3 Podridão de Gibberella - *Gibberella zeae*

Esta doença é comum em regiões altas acima, de 800 m, onde é comum a ocorrência de temperaturas baixas e umidade elevada, principalmente após a polinização.

Os sintomas são manifestados na ponta da espiga, com um mofo avermelhado, e progride em direção a base da espiga. O patógeno produz micotoxinas danosas a saúde do homem e dos animais.

4. SANIDADE DE GRÃOS

Para o agricultor, entre os problemas de qualidade de grãos de milho, o que tem realmente demandado maior preocupação é a **qualidade fitossanitária** - expressa pela % de grãos "ardidos". O termo grão "ardido" diz respeito aos grãos ou pedaços de grãos que perdem a sua coloração característica em mais de 25 %. O principal agente causal dos grãos "ardidos" são fungos, podendo afetar todas as partes do grãos, principalmente o germen.

Os grãos "ardidos" são o reflexo das podridões de espigas causadas principalmente pelos fungos presentes no campo: *Diplodia maydis, Fusarium moniliforme, Gibberella zeae, Penicillium* spp. e *Aspergillus* spp.

Estes dois últimos também são considerados fungos de armazenamento, ou seja, ocorrem em condições de armazém. O seu crescimento é rápido quando as condições ambientais são propícias e os grãos são mal conservados (umidade acima de 13% e temperatura superior a 15 °C).

Os fungos, no campo, encontram-se nos restos culturais (palhada do milho) e no solo. Os fungos causadores de podridão de espiga, como *Fusarium moniliforme*,

Gibberella zeae e *Diplodia maydis*, também são agentes de podridão de colmo e de raízes.

Os fungos causadores de grãos "ardidos" são habitantes de todas as lavouras de milho e, em muitas regiões produtoras, encontram-se em elevadas populações. A ocorrência dos grãos "ardidos" irá depender de uma série de fatores, aos quais agricultores e técnicos devem estar atentos para minimizar os problemas.

Os fungos causadores de podridão de espiga e consequentemente de grãos "ardidos são influenciados pela temperatura e regime pluvial. É importante salientar que cada fungo tem suas exigências climáticas para causarem podridões de espigas. Exemplo: o fungo *Diplodia maydis* exige estresse de seca no florescimento e condições de umidade elevada, após o florescimento.

Em uma região ou área agrícola existem populações elevadas de fungos causadores de podridões de espiga e sempre existirá a probabilidade do clima favorecer a ocorrência de um ou de outro fungo. O bom comportamento de um híbrido, com base em um ano agrícola, não descarta o risco da ocorrência de grãos ardidos na safra seguinte, quando as condições climáticas forem propícias para a ocorrência de outra espécie.

Cuidados no armazenamento devem ser tomados pelo agricultor por ocasião da colheita. O milho colhido e deixado na lavoura, amontoado e/ou coberto por lona, favorece os desenvolvimento dos fungos. Se os grãos forem armazenados inadequadamente da colheita até a secagem, pode aumentar consideravelmente a % de grãos "ardidos".

Um dos principais fatores responsáveis pelo desenvolvimento dos fungos (*Aspergillus* spp. e *Penicillium* spp.) é a umidade relativa do ar. Os fungos *Aspergillus* spp. e *Penicillium* spp. são produtores de micotoxinas, tais como a aflatoxina e ocratoxina, prejudiciais a saúde dos animais e do homem. A manutenção da qualidade do milho pode ser conseguida com a umidade baixa, temperaturas moderadas e aeração adequada.

A utilização de rotação de culturas constitui num importante meio de diminuir o inóculo no solo, prática largamente conhecida e adotada para outras culturas.

A adubação equilibrada na semeadura, mantendo a relação N/K, e a adubação de cobertura com N, são práticas que minimizam as podridões de espiga. Nem todos os patógenos respondem a adubação de cobertura com nitrogênio; os fungos *Gibberella zeae*, *Fusarium moniliforme* e *Aspergillus* spp. respondem a aplicação de N; aumentos de doses de N tem um efeito benéfico em diminuir o nível de podridões de espigas. Cuidados devem ser adotados para não exagerar em nitrogênio, causando desbalanceamento nutricional.

O agricultor deve utilizar a densidade de plantio (nº de plantas/ha) recomendada para cada híbrido. O fungo *Diplodia maydis* causa maiores % de grãos "ardidos" em determinados cultivares quando se utiliza densidade populacional acima da recomendada. Os efeitos benéficos eventuais de aumento de rendimento com uma maior densidade populacional podem ser perdidos com o aumento de grãos "ardidos". É importante ao técnico recomendar a densidade populacional que se encontra nos boletins técnicos para cada híbrido.

O controle de ervas daninhas e pragas na lavoura constitui em eficiente método para a diminuição da % de grãos "ardidos". Infestação de lavouras com ervas daninhas propicia microclima favorável aos fungos apodrecedores de espiga, devido a maior umidade próximo a espiga e a mato-competição por nutrientes, acarretando um desbalanço nutricional. É importante manter a lavoura livre de inço. Num sistema no qual o agricultor não controla as ervas e dobra a planta, a probabilidade de apodrecimento de espiga é maior.

Infestação de pragas (lagarta da espiga e lagarta do cartucho - infestação tardia) abre portas de entrada para fungos. O atraso na colheita favorece a ocorrência de carunchos e são portas de entrada de fungos

de várias espécies, principalmente *Aspergillus* spp. e *Penicillium* spp.

O aspecto qualidade de grãos começa pela escolha do híbrido. O híbrido faz parte da cadeia de fatores que afetam a qualidade. A obtenção de grãos com qualidade é conseguida com a agregação de valores ao híbrido, sendo necessário conhecer os fatores que o afetam para amenizar seus problemas.

Considera-se o híbrido como um fator importante para obtenção de grãos sadios; porém, a escolha do híbrido é somente um dos elos da cadeia para obtenção de um milho de qualidade. Os mesmo grau de importância dado ao híbrido para a obtenção de grãos sadios, deve-se dar às práticas culturais recomendadas.

São inúmeros os fatores que devem estar agregados ao híbrido para obtenção de uma baixa % de grãos ardidos. O híbrido deve apresentar resistência aos diferentes fungos causadores de podridão de espiga, com destaque para a *Diplodia maydis*, *Fusarium moniliforme*, *Gibberella zeae* e *Penicillium* spp. O bom empalhamento do híbrido não confere, necessariamente, ao mesmo, baixos níveis de grãos "ardidos". A ocorrência de grãos "ardidos" está diretamente relacionada com o nível de empalhamento para alguns fungos, como por exemplo *Fusarium moniliforme*, porém não necessariamente para *Gibberella zeae* ou *Diplodia maydis*. A característica do híbrido de apresentar espigas decumbentes, ou a dobra da espiga na maturação fisiológica, tem o aspecto positivo de evitar a penetração de água, conferindo as espigas menor umidade e ambiente não propício ao crescimento de fungo.

Quanto ao aspecto sanidade foliar de planta, híbridos com boa resistência às doenças foliares, que estão menos sujeitos ao que denominamos "estresse" doença, tem maior equilíbrio fisiológico, ou seja, menor desbalanceamento dos fotossintetatos no interior da planta e, portanto, maior resistência as podridões de colmo. A planta sadia por ocasião da maturação, não diminui o nível de fotossintetatos e terá menor probabilidade de podridão e quebra de colmo. Os fungos causadores de podridões de espigas são, também, causadores de podridões de colmo. Híbridos com boa resistência a podridão de colmo têm menor quebramento e produzem menor fonte de inóculos nos restos culturais.

A distribuição dos fungos na lavoura é aleatória e desuniforme, sendo influenciada por uma série de fatores como fonte de inóculo, tipo de solo, nível de fertilidade, relevo e microclima específicos. Em pequenas áreas experimentais encontram-se variações; podemos estas variações são ainda maiores em uma região agrícola.

Os híbridos apresentam níveis de resistência diferenciado aos fungos, embora fatores como práticas de manejo das culturas, nível tecnológico, variação de fertilidade numa lavoura, possam influenciar o seu comportamento.

O conceito de um híbrido com boa qualidade de grãos é formado com base no seu histórico na região agrícola e com informações de testes em vários ambientes. Isto dá ao agricultor e ao técnico segurança na utilização de um híbrido.

5. FERRUGEM COMUM - *Puccinia sorghi*

As condições climáticas favoráveis a doença são: temperaturas na faixa de 15 a 20°C e umidade relativa alta.

As ferrugens são causadas por parasitas obrigatórios, isto é, dependem de organismos vivos para o seu desenvolvimento e reprodução. A ferrugem comum é a menos importante das ferrugens, apesar de ser largamente disseminada no país. Ocorre com maior intensidade na região sul e nos plantios do cedo, podendo, em algumas situações, nos cultivares altamente suscetíveis, afetarem significamente o rendimento.

Os sintomas se manifestam na forma de pústulas circulares alongadas, de coloração marrom-canela, que a medida que torna-se madura escurece, podendo adquirir coloração negra. A diferença de *Puccinia polysora* está na coloração mais escura e no formato mais

alongado, ocorrendo simultaneamente em ambas as faces da folha.

A maior severidade da doença são nos plantios de agosto a outubro das regiões subtropical alta, baixa e transição alta e nos plantios de agosto/setembro nas regiões tropical alta. A Figura 1 ilustra este aspecto.

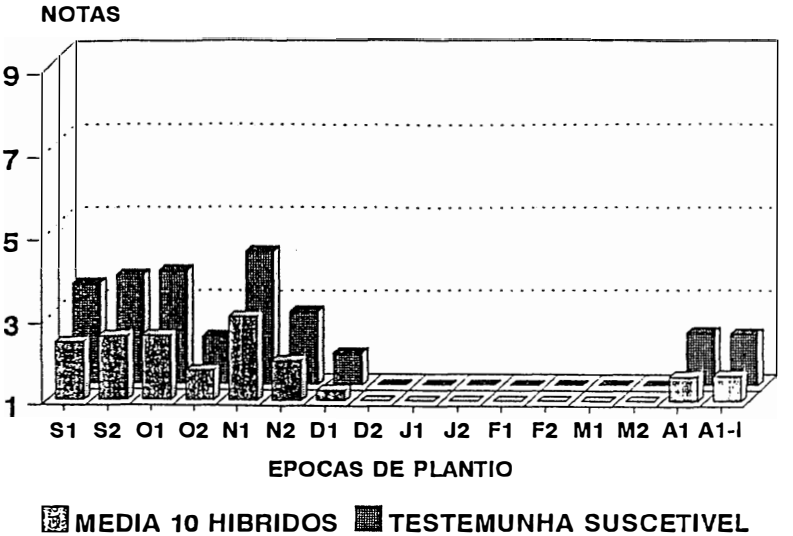


Figura 1. Efeito da época de semeadura na severidade da ferrugem comum no milho, média de 3 anos agrícolas, na região transição alta (altitude = 700 m).

6. MANCHA FOLIAR DE Exserohilum turcicum SIN° Helminthosporium turcicum

As condições climáticas favoráveis são: temperaturas moderadas, na faixa de 20 a 25°C, com umidade elevada, Regiões onde tem-se temperaturas noturnas moderadas e vários períodos de tempo nublado, o desenvolvimento da lesão é acentuado pela baixa luminosidade.

Os sintomas se caracterizam por lesões elípticas, de coloração verde-cinza, com comprimento de 2,5 a 15 cm. As lesões iniciam nas folhas basais da planta, desenvolvendo em tamanho e progredindo para o ápice da planta. O grau de queima foliar irá depender do grau de suscetibilidade da planta e das condições climáticas favoráveis a doença. Infecção severa é capaz de causar a morte da planta e aumento de podridões de colmo, consequentemente maior quebramento do colmo. A coloração cinza nas folhas causada pelo patógeno, lembra sintoma de geada ou injúria de seca. Os danos causados pela doença, estão representados na Tabela 1.

Os sintomas nas espigas são raros, embora possam aparecer algumas infecções na palha; o patógeno não é transmitido pela semente.

A maior severidade da doença ocorre nos plantios de setembro e de safrinha.(Fig. 2) O baixo nível de adubação potassica favorece o desenvolvimento da doença.

Medidas de controle recomendadas são o uso de variedades resistentes e adubação balanceada.

Tabela 1. Média da porcentagem em redução da produção (em Ton/ha), do peso de 500 sementes e da porcentagem de tombamento de híbridos, devido ao *E. turcicum* em relação a testemunha em diferentes épocas de inoculação.

PARÂMETROS	ÉPOCAS DE INOCULAÇÃO (DIAS)			
	30		45	60
PRODUÇÃO (ton/ha)	15		9	7
PESO (500 sem.)	15		10	3
TOMBAMENTO %	47		21	1

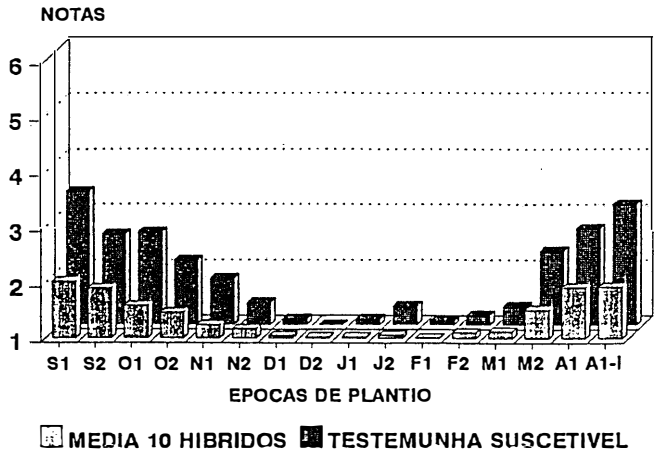


Figura 2. Efeito da época de semeadura na severidade da mancha foliar de H.T. no milho

7. PINTA BRANCA: Phaeosphaeria maydis (SYN. Sphaerulinea maydis)

As condições climáticas favoráveis a doença são: temperaturas na faixa de 24 a 30°C, umidade relativa elevada e condições climáticas próximas às ocorridas para *Helminthosporium turcicum*, tais como formação de orvalho e baixa luminosidade. Nas regiões com altitude acima de 700 metros, tem-se a ocorrência de doença devido uma grande formação de orvalho. Altas doses de nitrogênio favorecem a doença; o importante é fazer uma adubação equilibrada nitrogênio, fósforo e potássio.

A pinta branca é considerada, atualmente, a principal doença do milho, tanto devido a larga distribuição como aos prejuízos que tem causado às cultivares suscetíveis. As lesões inicialmente são pequenas, de cor verde pálido, tornando-se esbranquiçadas e arredondadas; os sintomas podem ser confundidos com os causados por gramoxone ou gramocil, quando ocorre deriva do produto; sob condições climáticas ótimas ocorre a confluência de lesões e queima foliar. No centro das lesões podem aparecer pequenos pontos negros, os peritécios, que são estruturas do patógeno. Os sintomas podem também se manifestar na palha da espiga. O patógeno sobrevive nos restos de culturas; sob condições favoráveis, as estruturas de reprodução germinam e infectam folhas novas ou maduras. A doença é de fácil disseminação e a velocidade de colonização dos tecidos é

rápida, de tal maneira que, em poucos dias, a planta pode ser severamente afetada.

A Figura 3 mostra o efeito da época de semeadura no desenvolvimento da doença. Nas épocas de maior severidade, e quando se utiliza genótipos suscetíveis a aplicação de fungicidas pode ser uma alternativa de controle (Figura 4).

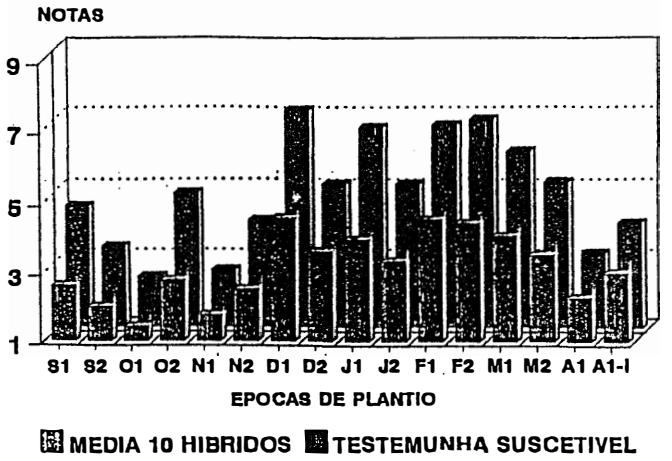


Figura 3. Efeito da época de semeadura na severidade da pinta branca no milho

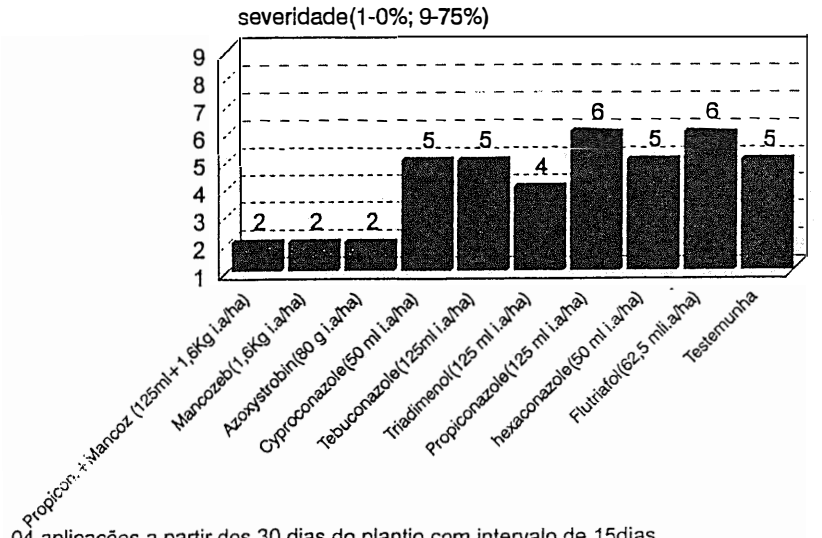


Figura 4. Comparação de fungicidas para o controle da pinta branca do milho.

8. FERRUGEM POLYSORA - *Puccinia polysora*

As condições climáticas favoráveis são: temperaturas na faixa de 27 a 34°C e alta umidade relativa. Estas condições são encontradas no Brasil (região transição baixa, transição alta, tropical alta e baixa) e mais intensamente na região tropical baixa (altitude < 700 metros).

As pústulas se caracterizam por serem menores que da ferrugem comum, de formato circular a oval, de coloração amarela. As pústulas desenvolvem-se em ambas as faces da folha, são densamente distribuídas e ocorrem também em várias partes da planta (colmo, bainha, bracteas e pendão).

A disseminação é feita pelo vento ou material vegetal; não se conhece hospedeiro intermediário do fungo.

A ferrugem causa intensa queima foliar, sendo considerada uma doença destrutiva, sob condições severas causa aumento do quebramento do colmo. (Tabela 2).

Tabela 2. Produtividade (t/ha) e percentagem de plantas quebradas em três híbridos simples de milho, infectados naturalmente por *Puccinia polysora*.

PARÂMETROS	HÍBRIDOS SIMPLES		
	39 x 98	100 x 60	03 x 96
Produtividade (t/ha)	5,48 A*	3,68 A	2,11 A
Controle **	6,09 A	4,62 B	4,81 B

Dms ***(0.85)
C.V. % = 11.96

Plantas Quebradas (%)	1 A	40 A	19 A
Controle	1 A	25 B	14 B

Dms (9)
C.V.% = 26,24

A Figura 5 mostra o efeito da época de semeadura na severidade da ferrugem polysora. Sob condições de alta severidade, aplicação de fungicidas pode ser uma alternativa (Figura 6).

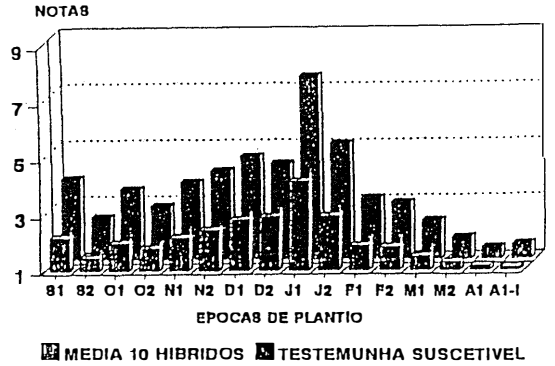


Figura 5. Efeito da época de semeadura na severidade da ferrugem polysora

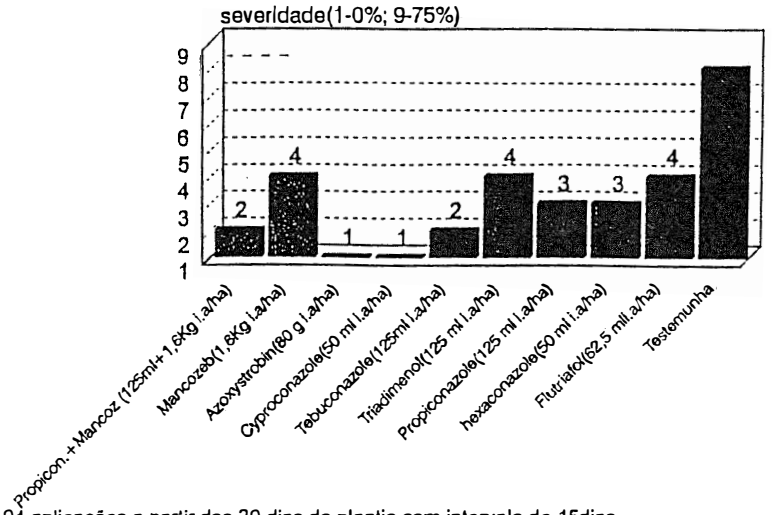


Figura 6. Comparação de fungicidas para o controle da ferrugem polysora do milho.

9. FERRUGEM BRANCA - *Physopella zeae*

As condições climáticas favoráveis são: temperaturas na faixa de 24 a 35°C e alta umidade relativa. Estas condições são as mesmas encontradas para a ferrugem polysora. Porém, P. zeae apresenta melhor adaptação em diferentes ambientes.

As pústulas são pequenas, ocorrendo em pequenos grupos, de formato circular ou oblongo e com coloração branca, podendo variar a cor de amarela a creme. Algumas vezes, dependendo da reação do hospedeiro, apresenta bordo ao redor da pústula, de coloração preta. As pústulas aparecem em várias partes da planta.

A disseminação é feita pelo vento ou material vegetal; não se conhece hospedeiro intermediário do fungo.

Esta ferrugem causa uma intensa queima foliar, sendo uma doença agressiva e destrutiva. A Figura 7 mostra o efeito da época de semeadura no desenvolvimento da ferrugem branca. Nas épocas de maior severidade, quando se utilizar genótipos suscetíveis, a pulverização de fungicidas pode ser uma alternativa de controle (Figura 8).

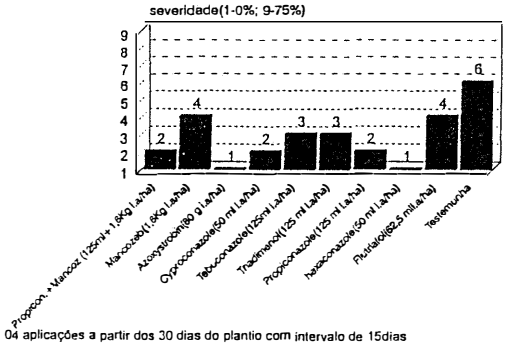


Figura 7. Efeito da época de semeadura na severidade da ferrugem branca no milho

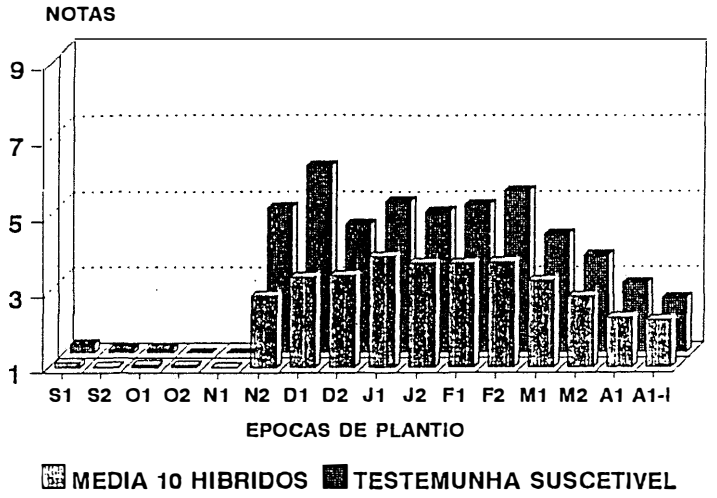


Figura 8. Comparação de fungicidas para controle da ferrugem branca no milho.

10. COMPLEXO "CORN STUNT" OU COMPLEXO "ENFEZAMENTO DO MILHO"

A doença é causada pelos mollicutes *Spiroplasma kunkelli* e "Maize bushy stunt phytoplasma" , em infecções conjuntas isoladas. Os patógenos são transmitido principalmente pela cigarrinha *Dalbulus maydis*. A população do inseto eleva-se com o aumento da temperatura, sendo o pico máximo da população nos meses de março/abril onde, consequentemente, tem-se a maior ocorrência da doença. O controle do inseto vetor permite, também, o controle da doença; porém, várias aplicações de inseticidas são requeridas para um controle eficiente.

Este complexo caracteriza-se por causar sintomas de enfezamento vermelho ou pálido e muitas vezes, ocorrem as duas formas de enfezamento numa mesma planta, daí designar-se como complexo de "Corn Stunt".

Este complexo é causada por fitoplasma e/ou espiroplasma. Os sintomas mais comuns caracterizam por clorose das margens do limbo foliar e, posteriormente o avermelhamento das folhas. As plantas quando infectadas no estádio de plântula são menores com encurtamento do internódio, principalmente próximo ao pendão e da última folha da planta; há formação de espigas múltiplas, com formação de grãos chochos e apodrecidos. Os sintomas de avermelhamento não devem ser confundidos com deficiência de fósforo, má granação da espiga ou folhas atacadas por insetos que também levam ao avermelhamento.

Plantas infectadas no estádio adulto apresentam sintomas de clorose e avermelhamento das folhas, com formação normal da espiga, porém, com deficiência do enchimento dos grãos.

A Figura 9 mostra o efeito da época de semeadura na incidência de plantas com o complexo "corn stunt"ou "enfezamento". Nas épocas de maior população da cigarrinha vetor, e quando se estiver cultivando genótipos suscetíveis, a aplicação de inseticidas pode ser uma alternativa de controle (Tabelas 3 e 4).

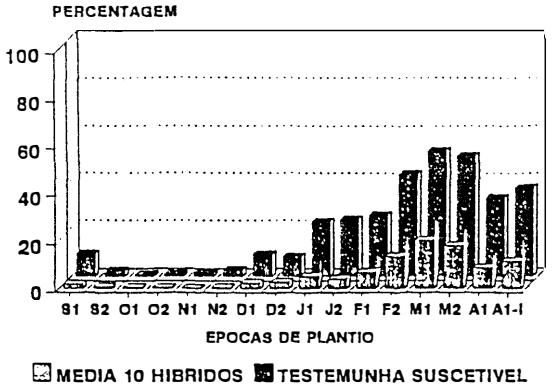


Figura 9. Efeito da época de semeadura na incidência de plantas com sintomas de enfezamento.

Tabela 3. Produção em toneladas por hectares, a 13 % de umidade, de três híbridos de milho submetidos a diferentes tratamentos com inseticidas para controle dos vetores de fitoplasmas e espiroplasmas em milho.

HÍBRIDOS	INSETICIDAS				
	TESTEMUNHA	DOSE 1	DOSE 2	DOSE 3	
EXP. 32	1,01 B*	1,51 B		1,37 B	3,06 A
F 64	1,72 B	1,71 B		2,25 B	2,98 A
IW	2,52 BC	2,06 C	3,06 AB	3,20 A	

C.V.: 16,98 %
DOSE 1: Carbofuran
DOSE 2: Carbofuran + Lambdacialotrina aos 10 e 17 dias após o plantio
DOSE 3: Carbofuran + Lambdacialotrina aos 10, 17, 24, 31 e 38 dias após o plantio
* Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem estatisticamente pelo teste T ao nível de 5 % de probabilidade.

Tabela 4 - Percentagem médias de plantas com sintomas de "enfezamento do milho" de três híbridos de milho submetidos a diferentes tratamentos com inseticidas para controle dos vetores de micoplasmas e espiroplasmas.

HÍBRIDOS	INSETICIDAS			
	TESTEMUNHA	DOSE 1	DOSE 2	DOSE 3
EXP. 32	43 A*	43 AB	30 B	9 C
F 64	25 A	27 A	13 AB	4 B
IW	13 A	11 A	6 A	2 A

C.V.: 23,16 %
Valores transformados para arc √ % para a análise estatística
* Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem estatisticamente pelo teste T ao nível de 5 % de probabildiade.

11. EMPREGO DE SEMENTES SADIAS OU TRATADAS

Ao se discutir cada uma das doenças importantes do milho, foi chamada a atenção para a utilização de medidas de controle como a época de semeadura, uso de genótipos resistentes, adubação equilibrada, sistema de cultivo adequado, aplicação de fungicidas, etc. Entretanto, o manejo integrado das doenças deve se iniciar pelo emprego de sementes de boa qualidade sanitária, praticamente livres de patógenos ou tratadas com fungicidas e doses apropriadas. O COPASEM/ABRATES tem proposto padrões de sanidade para sementes genéticas, básicas e certificadas/fiscalizadas. A proposta mais recente, elaborada com participação do SPSB/EMBRAPA e COPASEM/ABRATES, contempla a cultura do milho com patógenos como *Colletotrichum graminicola, Diplodia maydis, Dreschlera* spp., etc. Uma vez oficializados os padrões, lotes com valores superiores aos da tolerância deverão ser rejeitados; a ocorrência de patógenos, em qualquer nível, implica na recomendação do tratamento das sementes, por ocasião do plantio com fungicidas registrados e recomendados.

Praticamente todos os patógenos transportados por sementes de milho podem ser controlado eficientemente através do tratamento adequado das sementes, diminuindo os danos causados por redução de estande, debilitação da planta e evitando a introdução de patógenos em áreas livres que será o inóculo inicial para o desenvolvimento de epidemias. Portanto, o tratamento de sementes é um "seguro barato", por ser eficiente, de fácil aplicação, de baixo custo e de pequeno impacto ambiental.

No Brasil, são registrados para tratamento de sementes de milho: captan, thiram, thiabendazole, quintozene (PCNB), tolylfluamid, quintozene + ethidiazole e carboxin + thiram. A maioria das empresa produtoras de sementes de milho utilizaram o captan. A ABRASEM e técnicos de órgãos oficiais desenvolveram trabalhos visando encontrar produtos que apresentassem a eficiência do captan e menor toxicidade. Destacam-se como promissoras as misturas mancozeb + metalaxyl e thiabendazole + metalaxyl.

Entretanto, existe a necessidade de registrar de novos fungicidas, pois já se dispõem de ingredientes ativos que, associados, podem apresentar um espectro de ação e desempenho muito bom contra fungos do solo, do armazenamento e das sementes. As Figuras 10, 11, 12, 13 e 14 mostram alguns resultados de pesquisas recentes, sendo que os valores de incidência representam a média de quatro avaliações realizadas durante um período de armazenamento de 9 meses (uma avaliação a cada 3 meses).

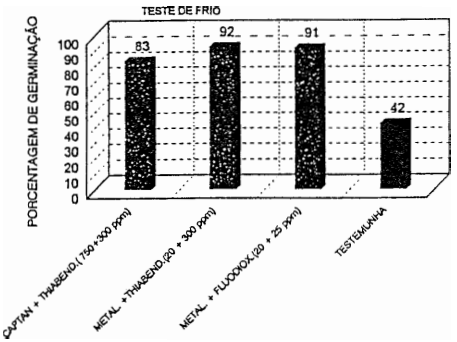


Figura 10. Comparação de fungicidas aplicadas às sementes de milho submetidas ao teste de frio.

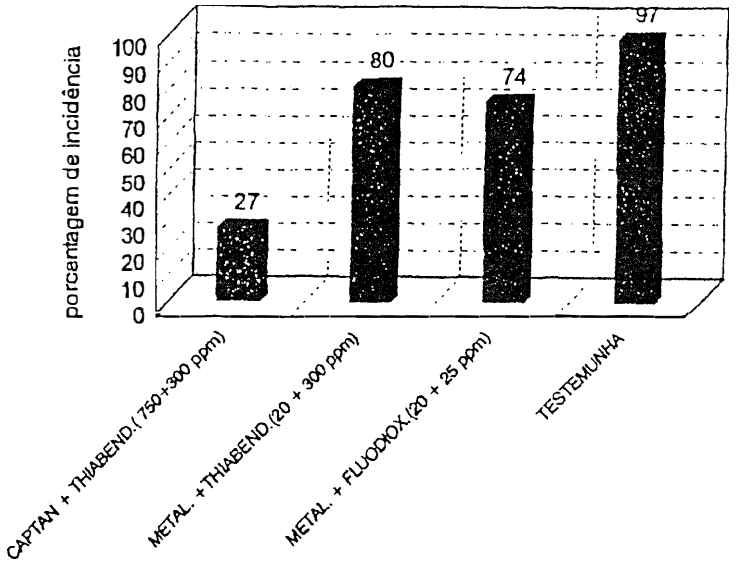


Figura 11. Comparação de fungicidas aplicadas às sementes de milho quanto a incidência de *Fusarium moniliforme*

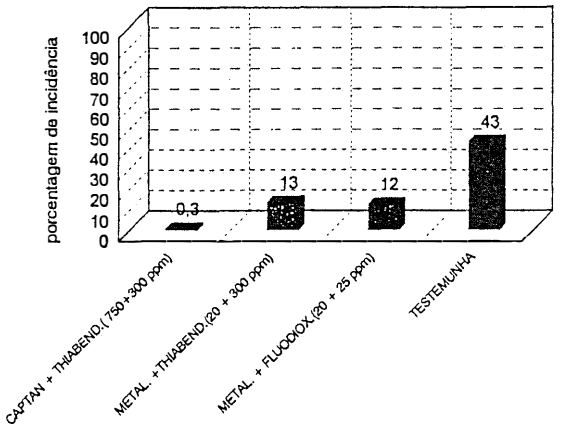


Figura 12. Comparação de fungicidas aplicadas às sementes de milho quanto a incidência de *Penicillium* spp.

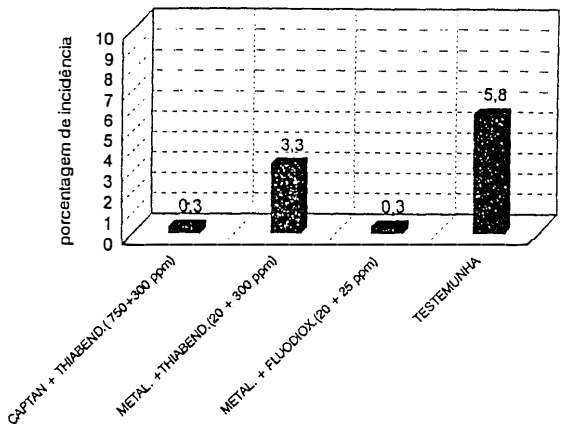


Figura 13. Comparação de fungicidas aplicadas às sementes de milho quanto a incidência de *Aspergillus* spp.

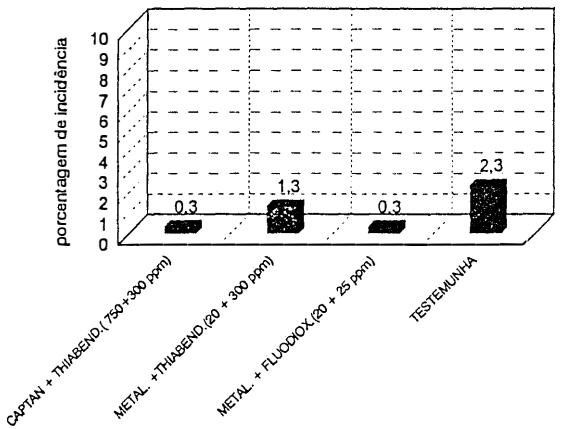


Figura 14. Comparação de fungicidas aplicadas às sementes de milho quanto a incidência de *Diplodia* spp.

12. REFERÊNCIAS BILBIOGRÁFICAS

BALMER, E. Doenças do milho. **In:** GALLI, F. Coord. do Manual de Fitopatologia. vol. II - Doenças de plantas cultivadas. São Paulo, Ed. Agron. Ceres, p. 371-391, 1980.

GATTI, I., Ed. Doenças em Milho: Situação Atual, Estratégias e Recomendações. Simpósio CPB/USP, CNPPMS/EMBRAPA e APPS, São Paulo, 30/09 - 01/10/93, 20 p. 1993.

LÉON, C. Moléstias do Milho - guia para sua identificação no campo, 2ª Ed. Campinas, Fundação Cargill. 119 p., 1994.

MENTEN, J.O.M. Tratamento de sementes. **In:** SOAVE, J.; OLIVEIRA, M.R.M. e MENTEN, J.O.M., Ed. Tratamento Químico de Sementes. Campinas, Fundação Cargill, p. 3-23, 1996.

MENTEN, J.O.M. Situação dos padrões de sanidade de sementes. Summa Phytopathologica, 23 (1): 86-89., 1997.

MENTEN, J.O.M.; PARADELA, A.L.; MARTINS, L.M.D. e ARANTES, S.R.A. Reação de genótipos de milho à *Phaseosphaeria maydis* e efeito na produtividade. **Ecossistema**, 21: 72-74, 1996.

PEREIRA, O.A.P. Tratamento de sementes de milho no Brasil. **In:** MENTEN, J.O.M., Ed. Patógenos em Sementes: detecção, danos e controle químico. São Paulo, Ciba Agro, p. 271-279, 1995.

PEREIRA, O.A.P. Análise da situação atual de doenças de milho no Brasil e disponibilidade de germoplasma resistente. XVIII Congresso Paulista de Fitopatologia, Programa e Resumos, p. 61-66, 1995.

PEREIRA, O.A.P.; SILVA, H.P. e REZENDE, I.C. Perda da produção causada por *Exserohilum turcicum*. Fitopatologia Brasileira, 18: 333, 1993.

PINTO, N.F.J.A. Tratamento fungicida de sementes de milho. **In:** SOAVE, J.; OLIVEIRA, M.R.M. e MENTEN, J.O.M., Ed. Tratamento Químico de Sementes. Campinas, Fundação Cargill, p. 52-57. 1996.

REZENDE, I.C.; SILVA, H.P. & PEREIRA, O.A.P. Perda da produção de milho causada por *Puccinia polysora*. Anais XX Congresso Nacional de Milho e Sorgo. 1994.

SHURTLEFF, M.C., Ed. Compendium of Corn Diseases, 2nd Ed. St Paul, APS Press, 105 p. 1992.

SILVA, H.P. Incidência de doenças fúngicas na "safrinha". **In:** DUARTE, A.P., Coord. IV Seminário sobre a cultura do Milho "Safrinha". Campinas, IAC/CDV, p. 81-86, 1997.

SILVA, H.P.; PEREIRA, O.A.P.; MACHADO, J.A. & MONELLI, V.L. Identificação e controle das doenças do milho. Informativo Coopercitrus, 61: 18-24, 1991.

SILVA, H.P.; PEREIRA, O.A.P. & REZENDE, I.C. Controle do complexo de doenças "enfezamento do milho". Fitopatologia Brasileira, 18: 333, 1993.

SILVA, H.P.; REZENDE, I.C. & PEREIRA, O.A.P. Comportamento das doenças do milho em diferentes épocas de semeadura. Anais XX Congresso Nacional de Milho e Sorgo, p. 173, 1994.

PLANTAS TRANSGÊNICAS

João Lúcio de Azevedo[1]

1. INTRODUÇÃO

Desde que a espécie humana, há milhares de anos,deixou de ser nômade para cultivar a terra e desenvolver a agricultura, a seleção e domesticação das plantas foi feita de maneira empírica e demorada, mas com uma certa eficiência. Há cerca de cem anos, com a descoberta das bases científicas dos mecanismos de hereditariedade e com a aplicação dos princípios da genética, o melhoramento de plantas tem sido desenvolvido de maneira racional e vários métodos de melhoramento genético tem produzido resultados extremamente auspiciosos. Pode-se mesmo dizer que, com a aplicação dos princípios genéticos do melhoramento vegetal o problema da falta de alimentos devido ao aumento populacional na face da Terra foi, pelo menos diminuido.Processos engenhosos, alguns mais simples empregando seleção natural, outros mais complexos utilizando-se o vigor de híbrido, até sofisticados princípios de genética quantitativa, permitiram o surgimento de novas variedades, cultivares e híbridos. Entretanto o melhoramento convencional sempre esbarrou em certas dificuldades. Uma delas é o demorado tempo para obtenção de uma nova variedade o que em certos casos limita o seu emprego, por exemplo, em casos de resistência a doenças onde o patógeno tem uma capacidade de modificações genéticas muito mais rápidas,de tal modo que, quando o melhorista atinge seu objetivo, novas raças fisiológicas surgiram tornando o melhoramento ineficaz. Outro problema é o da limitação nas transferências de material genético entre espécies incompatíveis. Nesse caso, embora existam processos alternativos, como espécies que funcionam como "pontes"entre aquelas incompatíveis nem sempre isso é possivel na prática.

A situação começou a ser modificada quando novas e poderosas tecnologias foram introduzidas em Genética. Desde a descoberta de que o DNA era o material genético e a descrição da estrutura espacial do DNA ocorrida em 1953, sucederam-se descobertas incluindo a decifração do código genético e de como ocorria a síntese protéica e a regulação gênica Tudo isso culminou com a possibilidade de manipulação do material genético entre espécies, gêneros e até Reinos distintos. Estava aberta uma nova etapa dentro da Biologia, ou seja, a possibilidade de, em laboratorio manipular o material genético dos seres vivos. A nova tecnologia conhecida como TDR ou Tecnologia do DNA Recombinante ou mais popularmente decrita como Engenharia Genética, veio para revolucionar os processos de melhoramento dos seres vivos sejam eles microrganismos, animais ou vegetais.

Tudo começou no início dos anos 70 quando já se acumulava um bom conhecimento do material genético e seu modo de ação. A descoberta das enzimas de restrição foi o passo decisivo para conseguir de maneira altamente eficiente, a transferência de genes de uma espécie para outra. Ficou evidente que a tecnologia recem-descrita tinha potencialidades quase que ilimitadas podendo ser empregada para desenvolver processos e produtos de alto interesse aplicado nas áreas de Saúde, Nutrição, Agricultura, Pecuária, Energética e ontrole de poluentes entre muitas outras. Para que isso fosse possivel, a

[1] Professor da Universidade Federal de Goiás e do Departamento de Genética da ESALQ/USP. C. P. 09 - 13418-900. Piracicaba-SP.

tecnologia do DNA recombinante teve que recorrer a "ferramentas "que são,em geral, enzimas capazes de isolar segmentos de DNA contendo genes de interesse, capazes de colocar esses genes em locais apropriados(vetores) e capazes de ligar peças de DNA de acordo com um programa previamente estabelecido. Desaparece assim o empirismo no Melhoramento Genético para dar lugar a planos de trabalho bastante definidos visando obter produtos de alta qualidade em tempo mais curto possivel. Para que seja possivel a aplicação dessas novas tecnologias de maneira eficiente, e que hoje se tornam cada vez mais corriqueiras e menos dispendiosas, ha necessidade de se conhecer algo a respeito das já mencionadas ferramentas utilizadas na tecnologia do DNA recombinante ou abreviadamente TDR.

2. FERRAMENTAS USADAS NA TECNOLOGIA DO DNA RECOMBINANTE(TDR)

As armas que o geneticista usa para transferir genes de uma espécie para outra, inclusive para produzir plantas transgênicas são, de modo geral, enzimas. O seu funcionamento já foi objeto de várias revisões como a de ASTOLFI FILHO *et al* (1986). Um resumo do que é descrito nessa revisão recomendada, vai ser aqui apresentado salientando-se as principais enzimas ou "ferramentas "envolvidas na TDR e seu modo de ação:

2.1 Enzimas de restrição

ão enzimas usadas na produção de fragmentos de DNA para construção de moléculas híbridas, isto é, com DNA de duas origens distintas. Elas são numerosas e encontradas em diferentes bactérias e são capazes de clivar o DNA em pontos específicos (Figura 1.1). Essas clivagens podem deixar no DNA as chamadas extremidades colantes ou ainda abruptas conforme a enzima de restrição utilizada. São centenas de enzimas de restrição já descritas e encontradas no mercado. Inclusive no Brasil, já existem laboratórios que fabricam enzimas de restrição o que torna a tecnologia disponível a qualquer grupo de trabalho que esteja interessado em aplicá-la seja em plantas, animais ou microrganismos.

2.2 DNA polimerase I

É uma enzima que cataliza a formação de fita complementar de DNA a partir de molde de fita simples e um iniciador ou "primer"(Figura 1.2). Alem de sintetizar DNA. ela tem atividade de exonuclease nos dois sentidos da fita da DNA. É possivel dividir essa enzima em dois fragmentos utilizando-se a subtilisina. Obtem-se assim um fragmento maior chamado de enzima Klenow que tem atividade polimerásica e exonucleásica em um só sentido. Essa enzima é usada na TDR para, a partir de uma só fita das DNA produzir a fita dupla, isto é, seu complemento.

2.3 Transcritase reversa

É uma enzima que a partir de uma fita molde de RNA e um iniciador. é capaz de produzir uma fita complementar de DNA. Como a DNA polimerase já mencionada, ela também e capaz de produzir, a partir de fita molde e iniciador de DNA, uma fita complementar de DNA. O DNA produzido é denominado de cDNA (Figura 1.3). Essa enzima é usada na TDR especialmente para, a partir de RNAs mensageiros, produzir o DNA que lhes deu origem.

2.4 Transferase terminal

É uma enzima ,que adiciona nucleotídeos na extremidade 3 OH da fita de DNA simples ou de dupla hélice a partir de desoxiribonucleotídeos, sem necessidade de molde. É utilizada para adicionar extremidades homopoliméricas complementares em duas moléculas de DNA para permitir depois a ligação das duas (Figura 1.4).

2.5 DNA ligase

É uma enzima que cataliza a ligação de um terminal 5'P de um fragmento de DNA com o terminal 3 OH da molécula vizinha

(Figura 1.5). Assim, ela é bastante utilizada para ligar duas moléculas de DNA sejam elas de extremidades colantes ou abruptas.

2.6 Fosfatase alcalina e polinucleotídeo quinase

A primeira retira o radical 5 P do DNA ou do RNA e, é assim usada para evitar a reunião de duas extremidades de ácidos nucléicos. Pode também ser usada para, retirando a extremidade 5 P permitir posterior marcação com fosfato radiativo. Essa etapa é feita com a enzima polinucleotídeo quinase que tem a capacidade de colocar o radical fosfato novamente na molécula de DNA tratada com fosfatase alcalina (Figura 1.6)

2.7 Nuclease S 1

É uma enzima que digere fitas simples de DNA e RNA. É usada para remover ácidos nucléicos de fitas simples ou para se obter extremidades abruptas (Figura 1.7)

2.8 Nuclease Bal 31

É uma enzima , que remove nucleotídeos das extremidas 5 e 3 de DNAs de fita dupla tendo portanto atividade exonucleásica. Ela também tem, atividade similar a da nuclease S 1 em DNAs de fita simples. É assim usada, para remover regiões definidas de um gene e também para mapear sítios de restrição (Figura 1.8).

2.9 Outras enzimas

São também utilizadas DNAses e RNAses que podem ser empregadas para digerir DNA ou RNA de uma mistura contendo os dois polinucleotídeos, mantendo-se apenas um deles. Exonucleases III, VII e lambda são também utilizadas.

3. HOSPEDEIROS NA TECNOLOGIA DO DNA RECOMBINANTE

As células que vão receber o DNA a ser transferido são denominadas de células hospedeiras ou simplesmente hospedeiros. É no hospedeiro que o DNA transferido é então clonado, ou seja, vai ser multiplicado com o DNA já existente na célula. Um bom hospedeiro deve permitir a fácil entrada desse DNA, deve multiplicar-se juntamente com o DNA inserido e não deve modificar esse DNA a ponto de impedir que sua mensagem,e portanto sua função, fique prejudicada.

No caso de plantas os melhores hospedeiros são células provenientes de cultura de tecidos vegetais. O importante é que os hospedeiros sejam capazes de regenerar uma planta inteira após a manipulação genética. Muitos tipos de orgãos, tecidos ou células vegetais podem ser usadas como, por exemplo, embriões, anteras ou micrósporos(pólem imaturo), meristemas e calos. Em plantas, cada espécie é um caso diferente e as técnicas tem que ser adaptadas para herbáceas, lenhosas, mono, dicotiledôneas, etc. Solanáceas são muito usadas em experimentos de transferência de material genético em plantas, pois são de fácil regeneração.

3.1 Vetores

Os vetores são os veículos empregados para carregar um fragmento de DNA contendo gene ou genes a serem transferidos. No caso de plantas, os vetores mais usados são: 1) Plasmídios Ti provenientes de bactérias do gênero *Agrobacterium*. Eles são capazes de se integrar nos cromossomos de uma planta e portanto, se manipulados geneticamente,graças ao uso das enzimas já mencionadas, podem levar um gene exógeno a uma célula hospedeira. Na realidade uma espécie desse gênero, a *Agrobacterium tumefasciens* é patogênica para certas dicotiledôneas, causando tumores nas mesmas. Entretanto, na TDR usam-se plasmídios Ti modificados, incapazes de causar doenças em plantas. Esses plasmídios alem de terem o gene a ser transferido, possuem também outros genes para auxiliar a detecção de hospedeiros que receberam o mesmo; são genes para resistência a antibióticos, herbicidas ou mesmo genes que produzem coloração característica nas celulas que os albergam. Fica então fácil selecionar ou mesmo verificar visualmente se o

hospedeiro recebeu o gene a ser introduzido. 2) Virus podem também ser usados como vetores. A técnica em geral, consiste em substituir um segmento de material genético do virus que não afete sua multiplicação, pelo DNA a ser introduzido na planta. Quando o virus está dentro do hospedeiro ele multiplica o seu próprio material genético como o introduzido, chamado de exógeno,ou independentemente ou inserindo-se no cromossomo da planta. Os *Caulimovirus* são bastante empregados como vetores em plantas como é o caso do CaMV ou virus do mosaico da couve flor que tem DNA de fita dupla. Mesmo vetores com RNA como material genético podem ser usados. É o caso do virus do mosaico do fumo, o TMV, que é bastante pequeno, tem o seu RNA capaz de ser produzido por transcrição *in vitro* do seu cDNA. O TMV tem pelo menos quatro genes e pode ter o DNA que produz a capa protéica substituido por um gene que se quer introduzir na planta. Assim, em lugar de capa viral uma proteina de interesse biotecnológico pode ser produzida em células vegetais. Em todos esses casos, vetores tem que ter promotores favoráveis para produção da substância que se deseja bem como um sistema de regulação apropriado. Uma boa revisão sobre vetores usados em vegetais na TDR pode ser encontrada no livro de MANTELL *et al* (1994). 3) A introdução do DNA em plantas pode também ser feita sem necessidade de vetores. Nesses caso o DNA é colocado no interior de células vegetais protoplastizadas, isto é, sem parede celular ou, submetidas a correntes elétricas em um processo chamado de eletroporação abrindo-se poros na célula por onde o DNA pode passar. Finalmente o DNA exógeno pode ser introduzido em células intactas de plantas por um processo chamado de biobalística ou abreviadamente biolística, como será visto mais adiante.

3.2 Introdução dos vetores o DNA no hospedeiro: A transformação genética

Existindo vetores apropriados contendo o gene ou genes de interesse e hospedeiros também apropriados, o passo seguinte é o de colocar os vetores, ou mesmo o DNA isolado, no interior desses hospedeiros. No caso do plasmidio de *Agrobacterium* o processo é quase natural, pelo menos em dicotiledôneas. Como já mencionado, é importante que existam genes que vão identificar se a transformação realmente ocorreu(genes de resistência a antibióticos por exemplo, ou que se manifestam produzindo coloração como o de beta-glucuronidade ou ainda fluorescência como o de luciferase).Sítios promotores e sequências reguladoras são também importantes para fazer parte desse vetor ou segmento de DNA construido em laboratório. A introdução de vetores ou segmentos de DNA em hospedeiros vegetais pode também ser feita, como já descrito, por eletroporação e empregando-se protoplastos(células cuja parece foi digerida) na presença de polietilenoglicol(PEG) e ions cálcio. Finalmente a técnica de biolística tem sido bastante usada na introdução de DNA exógeno em plantas. Nesse caso, esferas microscópicas de ouro ou tungstênio são usadas como projéteis e impulsionadas por pressão usando gas hélio ou até mesmo pólvora, para atingir um alvo, no caso, células hospedeiras. Os projéteis de ouro ou tungstênio são previamente imersos no DNA a ser transferido que fica então adsorvido na superfície das esferas e penetra na célula hospedeira juntamente com os projéteis. Mesmo por processos simples pode haver penetração de DNA; em *Arabidopsis*, imersão de sementes em suspensão de *Agrobacterium* pode dar origem, após germinação dessas sementes, a plantas trasgênicas. Outra maneira é imergir a planta, um pouco antes do florescimento, em suspensão de *Agrobacterium* e fazer infiltração à vácuo. São todos processos de transformação *in planta*, isto é, sem necessidade de cultura de tecidos vegetais. Enfim, os processos de transformação em vegetais são vários e eficientes.O DNA exógeno, dentro da célula, pode ntão integar-se em determinados locais dos cromossomos do hospedeiro.

3.3 A detecção do gene a ser clonado

Essa é possivelmente a parte mais delicada do processo de produção de uma planta transgênica. As plantas possuem de 40.000 a 60.000 genes. É possivel "cortar "o DNA de um vegetal com enzimas de restrição e obter assim segmentos que contém pedaços de genes ou um ou mais genes completos. Esses segmentos de DNA podem ser inseridos em plasmídios bacterianos e clonados em bactérias que podem ser estocadas formando assim um banco genômico ou biblioteca genômica da planta. É dificil, entretanto, saber onde está o gene com o qual se quer trabalhar. Se esse gene dá resistência a um antibiótico ou herbicida, há métodos seletivos para encontra-lo. Se ele produz uma proteína conhecida e detectável, também há possibilidade de localiza-lo. Muito mais dificil é a localização por exemplo, de um gene para resistência a uma doença quando não se conhece o mecanismo dessa resistência. Nesses casos podem ser usados " segmentos de DNA etiquetados". Quando eles se inserem dentro de um gene, este é inativado. Assim, um desses segmentos penetrando em uma planta resistente e inserindo-se em gene que condiciona a resistência, ela torna a planta sensível. Como o segmento é de certa forma "marcado", ele pode ser localizado e com isso localiza-se também o gene de resistência que pode então ser isolado, clonado e transferido para outra planta. Esse processo pode ser utilizado também com transposons, isto é, segmentos de DNA que sofrem transposição *in vivo*.

O sequenciamento de genomas de vegetais vem sendo realizado, à semelhança do projeto que visa sequenciar todo o genoma humano. Plantas como *Arabidopsis* e arroz terão seus genomas totalmente sequenciados aproximadamente no ano de 2005 ou mesmo antes disso.O sequenciamento de genomas vegetais vai facilitar a detecção de genes em plantas e permitir estabelecer relações de semelhança entre genes que ocorrem em espécies distintas. Em resumo, vai ser possivel utilizar sequenciamento em interação com obtenção de plantas transgênicas no melhoramento genético.

Conseguida a introdução de um DNA específico no interior de uma célula e, no caso, de cultura de tecidos vegetais, conseguida uma planta regenerada, ela só pode ser considerada transgênica se, alem do material estar no seu interior, ele for funcional. conferindo uma nova caracteristica genética à planta. Isso significa que essa caracteristica deve permanecer estável e ser transferida aos descendentes.

3.4 Exemplos de obtenção de plantas transgênicas

Plantas transgênicas vem sendo obtidas cada vez mais frequentemente, e centenas de exemplos já foram descritos. As primeiras delas foram obtidas no início dos anos 80 com a introdução de gene de resistência ao antibiótico canamicina em fumo. Em 1987 já existiam 5 casos de plantas transgênicas sendo submetidas a ensaios de campo e dados de 1995 revelam que 707 ensaios estavam em andamento com plantas transgênicas. Entre essas plantas estão espécies como o milho, batata, tomate, soja, feijão, algodão fumo, couve, cenoura, alface, arroz, trigo, girassol, amendoim,etc. Um grande número de exemplos, cerca de 50%, refere-se à introdução de genes para resistência a herbicidas, insetos e virus. Até 1995 já existiam 15 produtos transgênicos no ponto de serem comercializados ou já comercializados nos EUA. O primeiro deles foi o tomate Flavr-Savr que apresenta amadurecimento retardado seguindo-se plantas transgências com resistência a insetos e resistência a herbicidas. Casos específicos serão relatados a seguir:

a) Tomate Flavr-Savr- Nesse caso, o tomateiro tem introduzido em seu genoma, um gene sintético que inibe a atuação de um segundo gene, o da poligalacturonase. Esse gene produz uma enzima que acelera o amadurecimento dos frutos. A sua inibição, pelo menos parcial, faz com que os tomates amadureçam mais lentamente podendo ser

transportados e estocados evitando-se assim perdas pós-colheita;

b) Plantas com resistência a insetos-pragas- Os casos mais numerosos são de plantas transgênicas que possuem no seu interior um gene proveniente da bactéria *Bacillus thuringiensis (BT)* que produz toxina capaz de eliminar insetos que a ingerem. Assim, atacando uma planta transgênica com esse gene, o inseto vai apresentar sintomas como paralisia intestinal entre outros, culminando com sua morte. Plantas transgênicas resistentes a insetos, pela introdução de gene ou genes para produção de toxinas advindos do BT já foram obtidas em milho, algodão, arroz, batata, fumo, tomate e muitas outras espécies vegetais. Outro tipo de planta transgênica com resistência a insetos é obtido por introdução do gene de alfa-amilase que paralisa o desenvolvimento de certas larvas de insetos como os do gênero *Bruchus* que atacam ervilhas. O gene que tem atividade de colesterol-oxidase proveniente de uma bactéria do gênero *Streptomyces*, transferido para fumo resultou em plantas transgênicas resistentes a larvas de determinados insetos;

c) Resistência a herbicidas-também muitas plantas transgênicas já foram produzidas com genes, provenientes de microrganismos ou outros seres vivos,que conferem resistência a herbicidas (glifosatos, sulfonilureias, imidazolinonas, etc). A possibilidade do uso de herbicidas durante o plantio desses vegetais transgênicos teria, evidentemente, uma vantagem no controle mais econômico de plantas daninhas. Tomate, soja, canola e muitas outras plantas já tiveram o gene de resistência a herbicidas adicionado ao seu genoma;

d) Resistência a doenças- a introdução de certos genes em plantas teve efeito significativo no controle de doenças. Embora os dados sejam bem mais tímidos que aqueles conseguidos com plantas transgênicas resistentes a insetos, há exemplos promissores como o gene de quitinase que introduzido no tomateiro deu resistência ao fungo *Fusarium*. Proteinas que se ligam à quitina como a osmoina de fumo, transferida à batata, retardou o desenvolvimento de doença causada por *Phytophthora infestans*. Outros genes que produzem proteinas como as defensinas transferidos de rabanete para fumo protegeram plantas contra *Alternaria longipes*. Tionina e lectinas são também poteinas antifúngicas e podem ter valor na obtenção de plantas transgênicas resistentes a doenças causadas por fungos.Um gene produtor de fitioalexina transferido de parreiras para fumo protegeu a espécie contra o fungo *Botrytis*. O gene de lisozima vindo de bacteriófago T4 protegeu batata contra a bactéria *Erwinia carotovora*. Enfim são muitos os exemplos nessa importante linha de pesquisa mas os dados ainda necessitam um certo refinamento e mais testes são necessários para que as plantas transgênicas adquiram um valor biotecnológico e atinjam o mercado;

e)Resistência a virus- Nesse caso o processo envolve a colocação de DNAs antisenso. isto é, complementares, por exemplo ao RNA da capa protéica do virus que causa doença na planta que se quer proteger. Esse DNA produz RNA mensageiro que é complementar ao do virus e a hibridização entre os dois RNAs (antisenso e senso) inibe a multiplicação do virus. É o conceito da resistência derivada do próprio patógeno (PDR) em que se utiliza uma filosofia comparável à homeopática na prevenção e cura de doenças. Esse tipo de procedimento é empregado no controle de viroses do fumo, tomate, mamão, melão, arroz, batata, beterraba e algumas plantas transgênicas com essas propriedades já constituem produtos comerciais. Outra técnica de controle de viroses é a de colocar na planta, genes mutantes do virus que se quer controlar, por exemplo, genes para duplicação do ácido nucléico do virus. Isso interfere com a multiplicação do virus quando ele penetra na planta. Outros genes que interferem com a movimentação dos virus dentro da planta são também eficientes em diminuir os efeitos das viroses vegetais. Todas essas técnicas tem ainda a vantagem de diminuir o uso de inseticidas para controle dos insetos transmissores de virus em vegetais;

f) Resistência a nematóides- Há cerca de 50 gêneros de nematóides capazes de causar doenças em plantas e estima-se que perdas na agricultura devida aos nematóides podem chegar em regiões tropicais a 25%. O uso de plantas transgênicas contendo genes de proteínas inibidoras de nematóides parece ser um processo promissor. Os dados entretanto são ainda incipientes;

g) Flores transgênicas- a produção de novas variedades em floricultura é uma prática altamente rendosa mas a diversidade dentro de uma espécie tem suas limitações. Os estudos iniciaram-se com petúnias, em geral usando-se o CaMV como vetor. Conseguiram-se assim plantas com flores de diferentes colorações como a pelargonidina-laranja que recebeu o gene *dfr* (dihidro flavonol 4-redutase) do milho. As plantas inicialmente instáveis com relação à coloração foram selecionadas por técnicas convencionais e produziram por sucessivos retorcruzamentos entre plantas transgênicas e elite, variedades estáveis como a de flores com coloração laranja-brilhante. Rosas, cravos, tulipas e crisântemos transgênicos já foram também obtidos. As técnicas tem-se sofisticado por introdução de genes que alteram o pH do suco celular o que modifica coloração de flores, pela introdução de ácidos nucléicos antisenso que interferem com genes de pigmentação produzindo flores albinas como no caso da rosa. Também a alteração de genes que produzem hormônios como giberelinas podem dar plantas de morfologia alterada. Se o gene for parcialmente inibido resultam plantas anãs. Alteração de genes para maturação podem dar plantas com flores de longa duração como já foi conseguido em cravos.Já existem produtos comerciais liberados nos EUA e Auistrália. Há inclusive casos onde tem-se procurado alterar a fragrância de flores. Enfim esse é um campo onde a TDR pode ser usada com maior facilidade pois, em geral, as características a serem modificadas são monogênicas, isto é, regidas por apenas um gene ou poucos genes;

h) Controle de polinização- embora saiba-se que o vigor de híbrido exista em muitas culturas, ele só pode ser aplicado quando há métodos de controle de polinização economicamente viáveis. Métodos de emasculação manual ou macho-esterilidade são bastante empregados para determinadas espécies. A macho-esterilidade citoplasmática vem sendo usada mas já ocorreram problemas de doenças em citoplasmas macho-estéreis como no caso do milho. A macho-esterilidade nuclear produz apenas 50% de plantas macho estéreis tornando-a sua utilização inviável É ai que funciona a TDR. Uma das técnicas vem a ser a colocação de outro gene, junto ao gene nuclear de macho-esterilidade, por exemplo, um gene que confere resistência a herbicida. As plantas que vão funcionar como fêmeas tornam-se assim macho-estéreis e resistentes ou então, macho-férteis e sensíveis. A aplicação do herbicida mata essas últimas e resultam desta forma 100% de macho-estéreis.A restauração da fertilidade fica também fácil de ser conseguida através de cruzamentos apropriados. Há outros mecanismos já descritos de produção de plantas transgênicas para controle de polinização com genes envolvidos na síntese de flavonóides que alteram a maturação do pólen;

i) Fazendas moleculares- nesse caso a idéia é fazer com que uma planta produza um composto que antes não era por ela fabricado, pela introdução de um gene de produção desse composto. É o mesmo princípio usado na produção de insulina humana ou hormônio de crescimento humano por bactérias ou leveduras. Tem-se conseguido assim a produção de novos carboidratos, ácidos graxos, fármacos, enzimas e até plástico biodegradável em vegetais. São plantas que são então utilizadas como verdadeiros biorreatores na produção de substâncias, em geral de alto valor agregado. Um exemplo já em funcionamento é a introdução de DNA exógeno em *Atropa belladona* para superprodução do alcalóide escopolamina;

j) Alteração de determinadas qualidades na planta- Há outros casos onde não é um novo produto que se forma mas ele é modificado, superproduzido ou inibido Um gene mutante vindo de bactéria (*glgC16)* resultou, quando

transferido para batata, no aumento de 60% de amido produzido pelos tubérculos. Em outros casos inibe-se um produto indesejável. Exemplos existem para o caso de plantas de soja e canola transgênicas com baixo teor de ácido linolênico e altos teores de outros ácidos ou laurato, milho e soja com maiores teores de aminoácidos, etc.Na EMBRAPA (CENARGEN) já há algum tempo vem sendo desenvolvidos estudos para obtenção de um feijão transgênico com altos teores de metionina, pela introdução de gene vindo da castanha do Pará;

k) Produção de vacinas- A partir dessa década plantas tem sido ensaiadas para produção de vacinas contra doenças humanas e de animais. Plantas transgênicas que expressam antígenos que estimulam a produção de anticorpos podem ser empregadas nesse sentido como o caso daquelas que desenvolvem antígenos que estimulam produção de anticorpos contra microrganismos causadores de diarréias. A batata vem sendo usada nesses casos, pois pode servir de alimento para roedores empregados nos testes. Entretanto, ensaios com humanos estão sendo empregados utilizando-se a bananeira como planta transgênica. Para produção de vacinas animais usa-se alfafa entre outros vegetais.

Esses são apenas alguns exemplos do que se pode fazer com a TDR obtendo-se plantas transgênicas. Os resultados tem sido animadores mas muito ainda está para ser melhorado. Embora as idéias sejam criativas e até mesmo assombrosas dando resultados surpreendentes, nem sempre os produtos tem sido economicamente viáveis. Há um longo caminho a percorrer no que diz respeito ao melhor entendimento dos sistemas de regulação gênica na planta e processos para obter plantas estáveis e que manifestem o caráter de maneira desejada. Há exemplos em que genes são introduzidos, manifestam-se por um certo período e depois são "silenciados" dentro da planta hospedeira. Outro ponto a ser salientado é de que o processo não é tão rápido e eficiente como se pensou na década dos 80. A descoberta e isolamento de um gene e sua transferência pode levar de 2 a 4 anos. O desenvolvimento da variedade envolve mais uns 3-5 anos, seguindo-se os processos de produção de sementes, de grãos até o produto final (mais 3 anos). São assim, na melhor das hipóteses, cerca de 8 anos, para que se atinja um produto comercial. Aí existem as barreiras de legislação onde problemas de biossegurança exigem testes adicionais. Felizmente esse assunto já está sendo desmistificado e atualmente nos EUA os produtos transgênicos estão sendo liberados mais rapidamente.

O melhoramento vegetal clássico sempre foi complicado pelo grande número de genes envolvidos em cada cruzamento (80.000 a 120.000 consideando-se duas plantas cruzadas) mesmo para caracteres qualitativos.As dificuldades são ainda maiores para características poligênicas. A utilização de marcadores moleculares como os RFLPs, RAPDs, AFLPs, minisatélites e outros (ver revisão de FUNGARO e VIEIRA, 1997), tem tornado o melhoramento convencional mais rápido e menos empírico. A adição da TDR na produção de plantas transgênicas, a utilização de marcadores moleculares para localização de QTLs (Quantitative Trait Loci) abrem novas perspectivas para o melhoramento vegetal. A utilização conjunta de metodologias tradicionais e moleculares aliadas ao melhor conhecimento das relações genéticas entre vegetais dadas por técnica de sequenciamento de seus DNAs, tem tudo para produzir plantas com novas propriedades de interesse e altamente eficientes em menor tempo e de maneira programada. Uma boa revisão sobre o assunto e outros exemplos de plantas transgênicas pode ser encontrada em recente edição especial da revista Trends em Biotechnology (1995).

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Astolfi Filho, S.; Azevedo, J.L.; Azevedo, M.O.- Novas técnicas de recombinação em microrganismos pela tecnologia do DNA recombinante. In AZEVEDO, J.L (coord) Genética de Microrganismos em Biotecnologia e Engeharia

Genética. Editora FEALQ, Piracicaba, 1986, p43-60.

Fungaro, M.H. P.; Vieira, M.L.C. - Marcadores genéticos e moleculares para detecção de microrganismos no ambiente. In MElo,I.S. e Azevedo, J.L.) Ecologia Microbiana, Embrapa, Jaguariuna,1977 (no prelo)

Mantell, S.H.; Matthews, J.A.; McKee, R.A.- Princípios de Biotecnologia em plantas. Editora da Sociedade Brasileira de Genética., Ribeirão Preto, 1994, 333pp.

Trends in Biotechnology- Biotechnology; Plant product and crop biotechnology(Special Issue) 13: 313-409, 1995.



Figura 1. As ferramentas usadas na tecnologia do DNA recombinante: 1.1.- Enzimas de restrição: mode de ação das enzimas: Pst I e Hae III. A: digestão produzindo extremidades colantes pela Pst I; B: digestão produzindo extremidades abruptas pela Hae III.

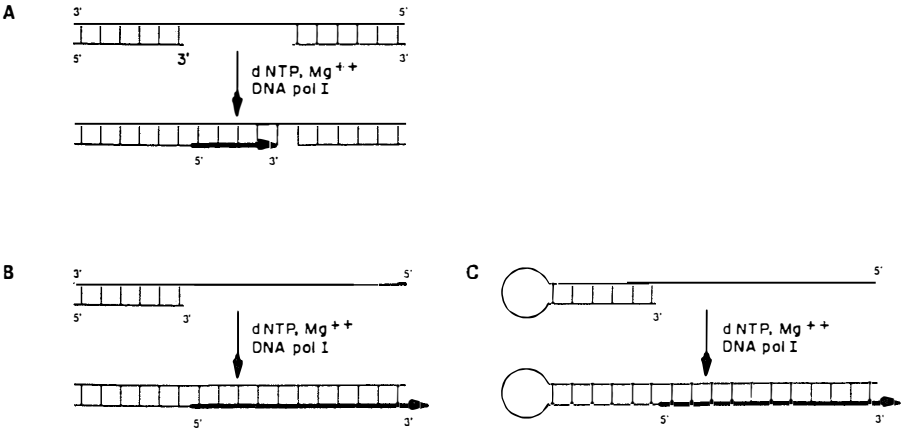


Figura 1. As ferramentas usadas na tecnologia do DNA recombinante: 1.2. - DNA polimerase I: Vária situações em que uma fita de DNA pode ser sintetizada a partir de uma fita molde e um iniciador pela DNA polimerase I. A: preenchimento de uma falha; B: produção de uma nova fita a partir de um molde e um iniciador; C: produção de uma nova fita a partir de um molde que também funciona como iniciador formando uma estrutura em forma de grampo.

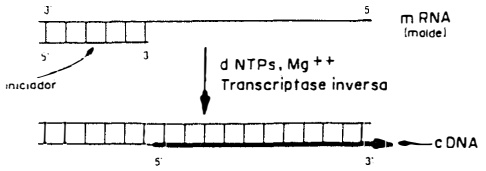


Figura 1. As ferramentas usadas na tecnologia do DNA recombinante: 1.3. - Transcritase reversa: ação da transcritase inversa na produção de cDNA fita simples.

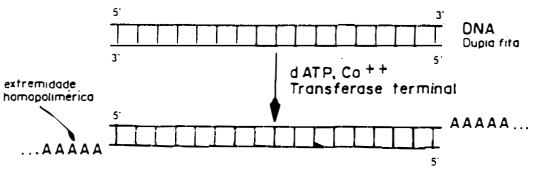


Figura 1. As ferramentas usadas na tecnologia do DNA recombinante: 1.4-Transferase terminal: modo de ação da transferase terminal.

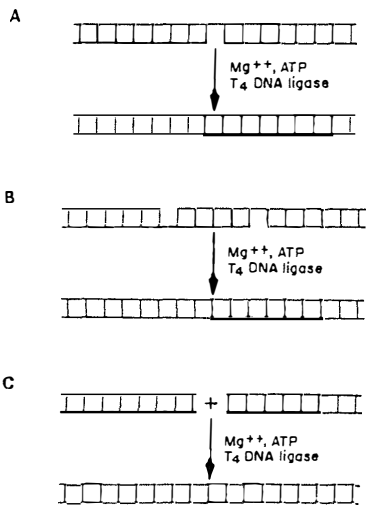


Figura 1. As ferramentas usadas na tecnologia do DNA recombinante: 1.5-DNA ligase: ligação de fitas de DNA pela T4 DNA ligase em diversas situações: A. ligação de um corte em uma fita; B: de fragmentos com extremidades colantes; e C: de fragmentos com extremidades abruptas.

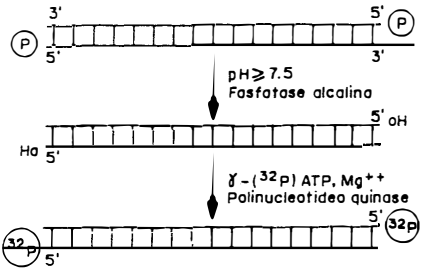


Figura 1. As ferramentas usadas na tecnologia do DNA recombinante: 1.6 - Fosfatase alcalina e polinucleotídeo quinase: método de marcação de um DNA fita dupla em suas extremidades 5' com fosfato (^{32}P).

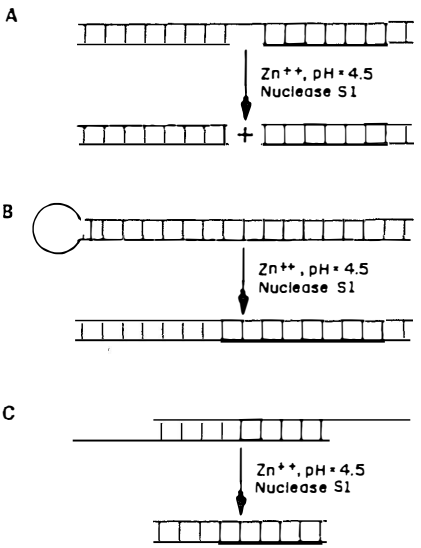


Figura 1. As ferramentas usadas na tecnologia do DNA recombinante: 1.7-Nuclease S1: ação da nuclease S1 em DNA. A: destruição de uma região de fita simples interna; B: remoção da região fita simples de uma estrutura tipo grampo; C: produção de extremidades abruptas a partir de salientes.

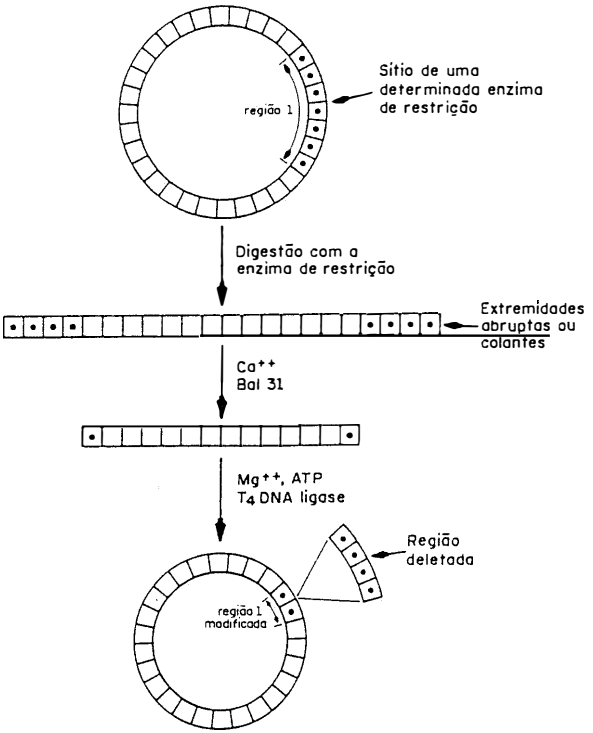


Figura 1. As ferramentas usadas na tecnologia do DNA recombinante: 1.8-Nuclease Bal31: procedimento para deleção de determinada região de uma molécula de DNA ao redor de um sítio de restrição pela Bal 31.

POTENCIALIDADE DA CULTURA DO MILHO NO CERRADO

Nilvo Altmann[1]

1. RESUMO

O cerrado brasileiro, segundo MACEDO (1996), abrange uma área de aproximadamente 207 milhões de hectares. A área de cerrado atualmente ocupada na produção de carne e de grãos é de 45,3 milhões de hectares, com uma produção total de 22,6 milhões de toneladas (Tabela 1). Se neste cenário não houvesse nenhuma expansão de área de plantio nos próximos anos, e se houvesse um incremento da produtividade de grãos de sequeiro de 2,0 ton/ha/ano para 3,2 ton/ha/ano, de grãos em regime irrigado dos atuais 3,0 ton/ha/ano para 6,0 ton/ha/ano e da produtividade de carne dos atuais 0,1 ton/ha/ano para 0,2 ton/ha/ano, o cerrado brasileiro poderia produzir 40,8 milhões de toneladas de carne e grãos (Tabela 2). No entanto, em se mantendo o incremento de produtividade, nos mesmos 45,3 milhões de hectares, e se houvesse uma reestruturação ou remanejamento de área de produção, aumentando a área atual de produção de grãos em sequeiro e irrigado, respectivamente, de 10,0 e 0,3 para 20,0 e 5,3 milhões de hectares, reduzindo-se a área atualmente ocupada para produção de carne, de 35,0 para 20,0 milhões de hectares, o cerrado teria um potencial de produção de 100 milhões de toneladas de carne e grãos (Tabela 3). Este último cenário demonstra a importância da agricultura no cerrado, a necessidade de se investir em produtividade, e a possibilidade de uma exploração racional do cerrado sem agressão à natureza. Considerando-se um potencial produtivo do milho no cerrado de 13,6 ton/ha, pode-se dizer que, com uma média atual de produtividade no cerrado de 2,0 ton/ha e de 7,6 ton/ha, nas lavouras com tecnologias aprimoradas, são explorados apenas 14,7 e 55,9%, respectivamente, do potencial produtivo do milho no cerrado. Nas lavouras tecnificadas, tem-se verificado um incremento médio anual na ordem de 3% ao ano, devido ao investimento em tecnologia nestas lavouras, e à rápida evolução genética, disponibilizando materiais cada vez mais produtivos (Tabela 4). Grandes avanços foram conseguidos no cerrado, principalmente na expansão rápida do plantio direto no cerrado, na tecnologia de plantio, no manejo da cultura e no manejo da adubação da cultura do milho. Apesar disto, muito tem-se a pesquisar, principalmente na sempre polêmica e paradigmática adubação nitrogenada (Tabelas 5 a 10). A gessagem, por sua vez está desempenhando um papel fundamental como fonte de enxofre e, principalmente, no condicionamento de subsolo, permitindo um aprofundamento do sistema radicular e uma maior resistência à seca com índices de produtividade de até 33,6% superiores à áreas não gessadas em anos com estiagens superiores a 15 dias (Tabelas 11 e 12). Esta técnica tem sido rapidamente adotada nas lavouras tecnificadas, especialmente em regiões sujeitas a períodos de estiagem, como a região de Brasília (Tabelas 13 e 14), dentre outras. Além da gessagem é necessário conhecer-se a fenologia da cultura do milho e os reflexos do déficit fenológico na produtividade (Tabela 15) e ajustar a época de plantio e o ciclo dos genótipos de forma a não coincidir a fase crítica da cultura com o período de maior probabilidade de ocorrência de déficit hídrico. Um trabalho inovador realizado por Scalea et. all., citados por APDC (1994), pode ser utilizado, não só para se estimar a probabilidade de atingir, determinados níveis de produtividade na safrinha, como também calcular a

[1] Engenheiro Agrônomo. Agropecuária Schneider Logemann Ltda. Faz. Pamplona. C.P. 84. Luziânia-GO.

probabilidade de sucesso de plantios realizados em diferentes épocas (Tabelas 16 e 17). No entanto, deve-se levar em consideração outros aspectos correlacionados como o comportamento e o desempenho destes genótipos cultivados em diferentes épocas. Este assunto é digno de um aprofundamento em pesquisa, visando uma exploração racional do potencial produtivo do cerrado brasileiro.

Tabela 1.Produção atual de grãos e carne nos cerrados. EMBRAPA-CPAC. Planaltina-DF, 1996.

Atividade	Área (milhões ha)	Produtividade (ton/ha/ano)	Produção (milhões ton)
Grãos (Sequeiro)	10,0	2,0	20,0
Grãos (Irrigado)	0,3	3,0	0,9
Carne	35,0	0,1	1,7
Total	**45,3**		**22,6**

Tabela 2. Produção na área com tecnologia melhorada. EMBRAPA-CPAC. Planaltina-DF, 1996.

Atividade	Área (milhões ha)	Produtividade (ton/ha/ano)	Produção (milhões ton)
Grãos (Sequeiro)	10,0	3,2	32,0
Grãos (Irrigado)	0,3	6,0	1,8
Carne	35,0	0,2	7,0
Total	**45,3**		**40,8**

Tabela 3. Reestruturação da produção na área atualmente ocupada. EMBRAPA-CPAC. Planaltina-DF, 1996.

Atividade	Área (milhões ha)	Produtividade (ton/ha/ano)	Produção (milhões ton)
Gãos (Sequeiro)	20,0	3,2	64,0
Gãos (Irrigado)	5,3	6,0	31,8
Carne	20,0	0,2	4,0
Total	**45,3**		**99,8**

Tabela 4. Indices de produtividade (kg/ha) atuais e potenciais para algumas culturas. EMBRAPA-CPAC. Planaltina-DF, 1996.

Cultura	Atual		Potencial para os Cerrados	
	Brasil	Cerrado	Lavouras Tecnificadas*	Pesquisa
Milho	2.000	2.000	7.600	13.600
Soja	1.800	2.000	4.000	5.000
Feijão	400	400	2.000	4.000
Trigo	1.700	3.800	5.500	8.000

* Produtores que adotam tecnologia aprimorada.

Tabela 5. Evolução da produtividade do milho de sequeiro na Fazenda Pamplona. APSL. Luziânia-GO, 1997.

Fase Tecnológica	Período	Tipo de Híbridos	Produtividade* Kg/ha	%	Incremento Anual
Inicial	86/87 a 87/88	Duplos e Triplos	4.452	100	
Intermediária	88/89 a 90/91	Triplos e Modificados	4.962	111	
Aprimorada	91//92 a 96/97	Simples e Triplos	6.245	140	3,6 %

*Produtividade média ponderada pela área total anual e a produção total anual do milho.

Tabela 6. Efeito de estiagens na tensão de água em latossolo vermelho-amarelo em plantio direto. APSL. Luziânia-GO, 1993.

Dias após a Precipitação	Tensão de Água no Solo (cm Hg) Profundidade		
Pluviométrica	15 cm	30 cm	Média
0	10,0	20,0	15,0
5	2,0	11,0	6,5
10	22,0	28,5	25,3
13	45,0	44,0	44,5
15	49,0	49,0	49,0

Tensão Crítica de Água = 0,6 atm (45,6 cm Hg)

Tabela 7. Efeito do espaçamento e da densidade de plantio na produtividade do milho*. APSL. Luziânia, 1996.

Espaçamento (cm)	Densidade (Plantas/ha)			
	40.000	50.000	60.000	Média*
60	7300	8011	9133	8148 b
70	7997	8582	9333	8638 a
90	6668	7281	7872	7274 c
Média	**7322 C**	**7958 B**	**8780 A**	

*Média de 2 anos com 2 híbridos (simples e triplo).

**Médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo Teste Duncan 5%

Tabela 8. Efeito da época de plantio na produtividade do milho.* APSL. Luziânia-GO,1997.

Condições de Plantio			% Grãos	Produtividade	
Local	Época	Densidade	Ardidos	kg/ha	%
Costa Rica-MS	09/Out	52.300	11,3	7122	100
	09/Dez	50.400	6,8	3925	55
Tasso Fragoso-MA	07/Nov	61.190	-	5817	100
	04/Dez	59.238	-	5390	93

*Média de 4 e 2 híbridos respectivamente nos dois locais. Espaçamento = 70 cm.

Tabela 9. Efeito da densidade de plantio na produtividade em milho sequeiro.* APSL. Luziânia-GO,1997.

Luziânia-GO			Costa Rica-MS		
Densidade	Produtividade		Densidade	Produtividade	
Plantas/ha	kg/ha	%	Plantas/ha	kg/ha	%
50.000	6711	100	55.000	7211	100
55.000	6684	99	65.000	7067	99
60.000	6621	98	75.000	7044	99

*Média de 6 híbridos em cada local. Espaçamento = 70 cm.

Tabela 10. Efeito da densidade de plantio na produtividade e no teor foliar de nutrientes em milho irrigado. APSL. Luziânia-GO, 1997.

Densidade	Produtividade		Teor Foliar Macronutrientes (%)					
Plantas/ha	kgha	%	N	P	K	Ca	Mg	S
55.000	9803	100	3,78	0,31	2,12	0,58	0,31	0,23
65.000	9890	101	3,65	0,30	1,75	0,51	0,28	0,21
75.000	10038	102	3,70	0,29	1,64	0,43	0,25	0,22
Nível mínimo adequado			**2,75**	**0,19**	**1,75**	**0,30**	**0,15**	**0,15**
Nível de adubação (kgha)			**163**	**118**	**120**	-	-	-

*Média de 5 híbridos. Espaçamento = 70 cm.

Tabela 11. Efeito da gessagem na produtividade das culturas em solo de cerrado em Luziânia-GO. APSL. Luziânia-GO, 1992.

Tratamento	Dose*	Produtividade (Kg/ha)	
	kg/ha	Soja	Milho
Com gesso	2000	2998	7344
Sem gesso	-	2681	4878
Diferença	-	**317**	**2466**

*40 kg Gesso Agrícola x % Argila

Tabela 12. Efeito da gessagem na produtividade do milho em solo de cerrado em Costa Rica-MS. APSL. Luziânia-GO, 1996.

Tratamento	Dose*	Produtividade Milho
	kg/ha	(kg/ha)
Com gesso	960	8058
Sem gesso	-	7687
Diferença	-	**371**

*15 kg Gesso Agrícola x % Argila.

Tabela 13. Freqüência de ocorrência de estiagens na região de Brasília-DF. EMBRAPA-CPAC. Planaltina-DF,1981.

Dias Sucessivos S/Chuva	Freqüência
8 ou mais dias	3 períodos anuais
10 ou mais dias	2 períodos anuais
13 ou mais dias	1 período anual
21 ou mais dias	1 período em 7 anos

Tabela 14. Freqüência de ocorrência de estiagens em Luziânia-GO. APSL. Luziânia-GO, 1993.

Mês	Frequências das estiagens* Dias Sucessivos sem Pp					
	5-7	8-10	11-15	16-20	21-25	26-30
Dez	31	15	8	0	0	0
Jan	70	23	15	0	0	0
Fev	46	54	8	0	15	0
Mar	70	8	38	0	8	0
Abr	46	46	38	0	15	15

* Percentual Relativo a 13 anos (80/81 a 92/93).

Tabela 15. Efeito do déficit fenológico de água na produtividade do milho. APSL. Luziânia-GO, 1996.

Fenologia do Milho	Produtividade	
Estádio	DAP	Relativa (%)
Emergência	14	100
4 Folhas	21	98
8 Folhas	28	94
12 Folhas	35	85
16 Folhas	48	67
Polinização	64	50
Grão Leitoso	76	80
Grão Pastoso	88	98
Grão Dentando	100	98
Grão Brilhoso	112	100
Maturação	130	100

Fontes: MILLAR(1984) - Adaptado.

Tabela 16. Probabilidade de sucesso no plantio da safra das culturas em Tasso Fragoso-MA. APSL. Luziânia-GO, 1997.

Cultura	Produtiv.	Exigência	Probabilidade de Sucesso no Plantio (%)				
Safra	Esperada	mm/dia	1ªNov	2ªNov	1ªDez	2ªDez	1ªJan
Milho	9000	5,7	60	60	80	40	50
	7000	4,7	100	60	90	50	60
Soja Precoce	3300	5,5	60	80	40	50	70
	2800	4,3	60	90	50	60	80
Soja Tardia	3600	5,4	90	50	50	70	50
	3000	4,4	90	50	60	80	80
Algodão	2500	4,8	60	90	50	60	70
	2000	3,8	60	90	60	60	90
Pp (mm/dia) no Período de Plantio			**4,0**	**8,7**	**4,8**	**9,2**	**8,4**
Probabilidade Pp ≥ 4 mm/dia			**60**	**80**	**70**	**80**	**100**

Fonte: APDC (1994); APSL (SPP)

Tabela 17. Probabilidade de sucesso no plantio da safra das culturas em Luziânia-GO. APSL. Luziânia-GO, 1997.

Cultura Safra	Produtividade Esperada	Exigência mm/dia	Probabilidade de Sucesso no Plantio (%)				
			1ªOut	2ªOut	1ªNov	2ªNov	1ªDez
Milho P	9000	5,7	73	73	67	53	47
	7000	4,7	93	80	80	67	60
Milho T	9000	5,7	73	67	53	47	67
	7000	4,7	80	80	67	60	67
Soja P	3300	5,5	73*	80	53	47	67
	2800	4,3	80*	80	67	73	67
Soja T	3600	5,4	80*	60	47	67	73
	3000	4,4	80*	67	67	67	73
Feijão	2500	5,4	67**	80	73	80	60
	2000	4,9	73**	80	80	80	67
Algodão	2500	4,8	80**	80**	60	60	67
	2000	3,8	93**	87**	67	73	67
Pp (mm/dia) no Período de Plantio			2,6	6,0	10,9	8,1	9,1
Probabilidade Pp ≥ 4 mm/dia			21	71	57	78	93

Fonte: APDC (1994); APSL (1997) - Dados de 15 anos.
* Época de plantio não recomendada para os genótipos atuais (porte).
** Alta probabilidade de perdas por chuva na colheita.

2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APDC Fascículo de experiências de plantio direto no cerrado. ASSOCIAÇÃO DE PLANTIO DIRETO NO CERRADO. Goiânia-GO, 1994.

EMBRAPA-CPAC **Cerrado:** resumos informativos, 1. EMBRAPA-CPAC. Planaltina-DF, 1981.

MACEDO, J. Produção de alimentos: o potencial dos Cerrados. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1996. 33 p. (EMBRAPA-CPAC. Documentos, 59).

MILLAR, A.A. Manejo racional da irrigação: uso de informações básicas sobre diferentes culturas. Brasília: IICA, 1984. 57p. (IICA. Série Publicações Miscelâneas, 461).

MANEJO DE PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DO MILHO

João Baptista da Silva[1]
Neimar de Freitas Duarte[2]

1. INTRODUÇÃO

A luta do homem contra as plantas daninhas que infestam a lavoura do milho é constante. Ao contrário das pragas e doenças que aparecem eventualmente, as plantas daninhas aparecem todo ano e seu controle se faz sempre necessário. Enquanto o ataque de pragas ou doenças é ocasionado normalmente por uma espécie, a infestação de plantas daninhas é representada por muitas espécies, emergindo em épocas diferentes, dificultando sobremaneira o seu controle.

Através do uso de enxada ou cultivadores, o homem tem enfrentado as plantas daninhas que diminuem a sua produção, contudo, sem obter um resultado completo. Os métodos mecânicos de controle nem sempre são efetivos em função das condições climáticas adversas e, principalmente, porque os cultivadores não apresentam o efeito residual. Após a capina ou cultivo, as plantas daninhas podem reinfestar a área através de sementes, repega ou rebrota.

Com o aparecimento dos herbicidas seletivos, capazes de controlar uma população de plantas daninhas sem causar danos à cultura, a tarefa do produtor de milho se tornou mais fácil e, dia a dia, um maior número de produtores procuram, no uso de herbicidas, um meio de manejá-las. Como pode ser visto na Tabela 1, a área plantada com milho no Brasil e tratada com herbicidas, cresceu de 750.000 ha em 1987 para 1.437.000 ha em 1991 e 2.800.000 ha em 1995. Percentualmente, o crescimento foi de 5,7 para 22,4% da área plantada com milho, num período de oito anos. Em 1996, a estimativa era que 25% da área plantada com milho seria tratada com herbicidas, ultrapassando 3.000.000 ha.

Tabela 1. Área plantada com milho e tratada com herbicidas no Brasil, no período de 1987/95.

Área (1000 ha)	ANOS				
	1987	1991	1993	1994	1995
Plantada	13.152	13.800	12.500	13.500	12.500
Tratada	750	1.437	1.905	2.700	2.800
%	5,70	10,41	15,24	20,00	22,40

Fonte: NOVARTIS, 1997

O sucesso do uso de herbicidas na cultura do milho está relacionado com uma serie de fatores tecnicos, econômicos, climáticos e também com o tipo de lavoura que se pratica. Os herbicidas de milho têm proporcionado bons resultados técnicos e economicos em lavouras de alta tecnologia, onde a produtividade é igual ou superior a 4000 Kg/ha. Contudo, devido ao seu custo, em lavouras onde a produtividade é baixa, o uso de herbicidas é quase sempre antieconômico. Como pode ser visto na

[1] Ph.D. EMBRAPA/CNPMS, C.P. 151, Sete Lagoas, MG, 35701-970.
[2] Engenheiro Agrônomo, EMBRAPA/CNPMS, C.P. 151, Sete Lagoas, MG, 35701-970

Tabela 2, a produtividade de parcelas tratadas corretamente com herbicidas é semelhante à produtividade observada em parcelas mantidas no limpo o tempo todo.

Tabela 2. Produção de milho em parcelas sob diferentes sistemas de controle de plantas daninhas. Sete Lagoas., MG, 1991/92.

Tratamento	Dosagem l/ha (p.c)	Produção (kg/ha)	Produção relativa (%)
1. Boxer (PRE)	9	7074	90,2
2. Primestra SC (PRÉ)	8	7074	90,2
3. Blazina SC (PRE)	8	7377	94,1
4. Herbadox 500 CE (PRE)	3,5	7210	92,0
5. Triamex 500 SC (PRÉ)	7	7519	95,9
6. Blazina SC (PÓS)	8	7747	98,8
7. Triamex 500 SC+Assist (PÓS)	7+1,5	7938	101,3
8. Primóleo (PÓS)	6	8099	103,3
9. Testemunha Limpa	-	7840	100,0

Fonte: Silva & Pires, 1990

O herbicida não é um fator de produtividade. O que ele faz é eliminar as perdas de produção devidas à interferência das plantas daninhas, Em um experimento conduzido em Cordisburgo, MG, no ano agrícola 1996/97, em uma área altamente infestada de plantas daninhas, principalmente gramíneas, Silva et al. (1997) observaram perdas de até 67%, em relação à testemunha capinada, quando o mato não foi controlado em pré-emergência (Tabela 3).

Tabela 3. Produtividade de milho BR 3123 em diferentes sistemas de manejo de plantas daninhas. Cordisburgo, MG, 1997.

TRATAMENTOS	Média (kg/ha)	% de produçao	% redução
Testemunha capinada	6496	100	0
Primestra SC (pré) em área total	5764	89	11
Primestra SC (pré) em Faixa. + cultivo mecânico nas entrelinhas aos 21 DAE	6327	97	3
Cultivo mecânico aos 21 e 35 DAE	4286	66	34
Cultivo mecânico aos 28 DAE	2129	33	67
Testemunha sem capina	1481	23	77

O trabalho de Silva et al. (1997) salienta que, sobretudo nas áreas extensivas e em condições de alta infestação de plantas daninhas, os herbicidas de pré-emergência constituem um importante grupo de produtos no equacionamento do problema de matocompetição, por atender as necessidades da cultura no momento certo e vital para a planta de milho, da germinação ao seu desenvolvimento inicial. Aplicações tardias podem ser ineficientes.

2. OBJETIVOS DO MANEJO DAS PLANTAS DANINHAS

Ao usar um herbicida para controlar as plantas infestantes na cultura do milho, o produtor deve lembrar-se dos seguintes objetivos do manejo integrado de plantas daninhas: a) Evitar perdas devidas à interferência; b) Beneficiar as condições de colheita; c) Evitar o aumento da infestação; d) Evitar a contaminação do meio ambiente.

Além das perdas causadas pela competição e outras ações, as plantas daninhas podem também trazer problemas para o produtor no momento da colheita, principalmente se a mesma for mecanizada e a produção para semente. Plantas daninhas de emergência tardia como a corda-de-viola (*Ipomea spp*), bamburral ou mata-pasto (*Hyptis suaveolens* Poit.), capim colonião (*Panicum maximum* Jacq.) etc, emergem no campo depois que os tratamentos convencionais perderam seu poder residual e vão causar problemas na colheita. Os herbicidas a serem usados, neste caso, têm ação complementar àqueles usados anteriormente na lavoura mas com um objetivo diferente. Eles serão usados agora para beneficiar a colheita e não para evitar competição. De acordo com muitos autores, plantas que nascem no meio da lavoura do milho após o pendoamento, não acarretam perdas na produção, somente dificultam a colheita, principalmente a colheita mecanizada.

O terceiro objetivo do controle de plantas daninhas está ligado à produção sustentada. Ao terminar a colheita da safra, o produtor deve manejar os restos culturais de forma a evitar uma proliferação excessiva de plantas daninhas, especialmente aquelas de difícil controle como, por exemplo, corda-de-viola, amendoim bravo, mata-pasto etc. Em um sistema de produção sustentado, um dos fatores mais importantes é a manutenção da população de plantas daninhas em nível de baixa infestação.

Finalmente, o último objetivo de controle químico de plantas daninhas está ligado diretamente aos herbicidas usados. Herbicidas são substâncias químicas que apresentam diferentes propriedades físico-químicas e, portanto, um comportamento ambiental diferenciado. Dependendo dessas propriedades, o herbicida usado pode ser uma fonte de contaminação do meio ambiente. Produtos voláteis poderão contaminar o ar, produtos lixiviáveis poderão atingir o lençol subterrâneo e produtos fortemente presos nos sedimentos poderão atingir depósitos de águas superficiais através da erosão. Tudo isso deve ser evitado para que a área continue produzindo.

Para atingir todos os quatro objetivos, o usuário de herbicidas deverá tê-los em mente e assegurar a assistência técnica necessária. Há muitos herbicidas registrados para uso na cultura do milho, com opções de doses e métodos de aplicação. Escolha aqueles que mais se ajustam às condições da sua propriedade.

3. HERBICIDAS PARA O MANEJO DE PLANTAS DANINHAS NO PLANTIO DIRETO

Os principais herbicidas (princípios ativos e doses) recomendados para essa finalidade, são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Herbicidas recomendados para o manejo de plantas daninhas no sistema de plantio direto.

HERBICIDA*	DOSE (Kg/Ha)
Paraquat	0,3 a 0,6
Paraquat + Diuron	(0,4 + 0,2) a (0,6 + 0,3)
Glufosinato	0,4 a 0,6
Glyphosate	0,36 a 2,16
Glyphosate + 2,4-D Amina	(0,48 + 0,64) a (0,84 + 1,12)
Sulfosate	0,48 a 2,88
2,4-D éster	0,6 a 0,8

* Consulte o **Guia de Herbicidas** para ver os produtos comerciais e suas doses

Os produtos a base de glyphosate e sulfosate são recomendados principalmente para áreas infestadas com plantas daninhas perenes, já que esses herbicidas são

sistêmicos, capazes de penetrar na planta pelas folhas e translocar via floema até às raizes. O glyphosate e o sulfosate são inibidores da síntese de amino-ácidos e sua ação é lenta, recomendando-se sua aplicação de 7-10 dias antes do plantio. O alvo principal são as gramíneas. A adição de 2,4-D amina no tanque ou na formulação, ajuda no controle de folhas largas. O herbicida sistêmico 2,4-D éster é muito efetivo no controle de dicotiledôneas.

Ao contrário do glyphosate e sulfosate, os produtos a base de paraquat e glufosinato têm ação de contato, não servindo para o controle de plantas daninhas perenes. O paraquat e o glufosinato são disruptores da membrana celular, de ação mais rápida que os herbicidas sistêmicos. A aplicação de paraquat pode ser feita na véspera do plantio e a adição de um surfactante não iônico no tanque é sempre recomendada. A ação de glufosinato é um pouco mais lenta do que a de paraquat e sua aplicação requer de 3 a 5 dias, antes do plantio.

4. HERBICIDAS PARA O MANEJO DE PLANTAS DANINHAS EM PRÉ-EMERGÊNCIA

Inclui-se neste grupo a maioria dos herbicidas utilizados na cultura do milho. A pulverização é feita com o solo limpo, destorroado, após o plantio do milho, antes da emergência da cultura e das plantas daninhas. O herbicida aplicado permanece na superfície do solo, exposto aos raios do sol, ao vento etc. Para uma boa performance, é preciso que o solo esteja úmido ou que, no caso de solo seco haja uma garantia de chuva ou irrigação nas próximas 24 horas. Caso o produto permaneça na superfície do solo sem a umidade para incorporá-lo à terra, as perdas do produto por volatilização e/ou decomposição por fotólise, acabarão por prejudicar a ação do herbicida. Terrenos mal preparados, cheios de torrões, comprometem seriamente a performance do herbicida.

Os herbicidas de pré-emergência, como o próprio nome indica, controlam as plantas daninhas no estádio mais inicial, quando as sementes estão germinando e as plântulas ainda não emergiram. Esses herbicidas, ao contrário do que se pensa, não afetam a germinação das sementes, controlando as plantas daninhas após a sua germinação, durante o período de ação. A cultura do milho nasce no limpo e assim permanece até que o efeito residual do herbicida acabe. Em termos de competição, o herbicida aplicado deve apresentar poder residual suficiente para manter as plantas daninhas controladas até o pendoamento do milho. O herbicida deve ser seletivo para a cultura, não causando injúrias nas plantas de milho, tanto na parte aérea quanto no sistema radicular.

Os principais herbicidas recomendados para o controle pré-emergente das plantas daninhas na cultura do milho estão indicados nas Tabelas 5 e 6, agrupando-se aqueles produtos que apresentam um só princípio ativo e aqueles cuja composição apresenta dois princípios ativos. Estes últimos são misturas comerciais que normalmente contêm um herbicida de ação graminicida e outro de ação sobre as latifoliadas (dicotiledôneas).

Tabela 5. Herbicidas recomendados para o controle em pré-emergência de plantas daninhas na cultura do milho. a) Produtos de um princípio ativo.

PRINCÍPIO ATIVO*	DOSE (Kg/Ha)
Acetochlor	2,304 a 3,072
Alachlor	2,40 a 3,36
Isoxaflutole	
Metolachlor	1,92 a 2,88
Pendimethalin	1,00 a 1,75
Trifluralin**	1,80 a 2,40
Atrazine	2,0 a 3,0
Cyanazine***	1,25 a 2,00
Simazine	2,00 a 3,25
Linuron	0,75 a 1,50
2,4-D amina	1,7 a 2,4
2,4-D éster	0,8 a 1,2
MCPA	1,875 a 2,8125

* Consulte o **Guia de Herbicidas** para ver os produtos comerciais e suas doses

** Recomendado para áreas irrigadas, com infestação de *Brachiaria spp.*

*** Cyanazine não é recomendado para solos arenosos.

A análise dos herbicidas indicados para o controle pré-emergente de plantas daninhas na cultura do milho mostra que alguns como atrazine, cyanazine e 2,4-D amina, são eficientes no controle de latifoliadas anuais e pouca ação exercem sobre as gramíneas. Por outro lado, herbicidas como metolachlor, alachlor, acetochlor, isoxaflutole e pendimethalin, apresentam uma ação mais acentuada sobre gramíneas anuais. Plantas daninhas perenes como a tiririca e a grama seda são extremamente resistentes aos herbicidas de pré-emergência usados em milho. O uso de misturas comerciais contendo um herbicida para latifoliadas e outro graminicida, é mais aconselhado, pois nas áreas de produção de milho ocorrem populações mistas de plantas daninhas. De qualquer forma, a escolha do herbicida deve ser feita em função do conhecimento da composição de plantas daninhas da área.

Tabela 6. Herbicidas recomendados para o controle em pré-emergência de plantas daninhas na cultura do milho. b) Misturas de princípios ativos.

MISTURA DE HERBICIDAS*	DOSE (Kg/Ha)
Atrazine + Alachlor	(1,26 + 2,10) a (1,62 + 2,70)
Atrazine + Isoxaflutole	
Atrazine + Metolachlor	(1,00 + 1,50) a (1,60 + 2,40)
Atrazine + Simazine	(0,875 + 0,875) a (1,75 + 1,75)
Cyanazine + Metolachlor	(1,00 + 1,40) a (1,25 + 1,75)
Cyanazine + Simazine	(1,20 + 1,20) a (2,00 + 2,00)
2,4-D amina + MCPA	(0,275 + 0,275) a (0,55 + 0,55)

* Consulte o **Guia de Herbicidas** para ver os produtos comerciais e suas doses

A aplicação de herbicida em pré-emergência pode ser feita de várias maneiras, dependendo do tamanho da área, do equipamento disponível e do sistema de plantio. Tendo em vista a expansão da área plantada sob irrigação e a diversidade do

tamanho das áreas plantadas com milho, pode-se distinguir pelo menos três tipos de aplicação: **a) Aplicação convencional com pulverizador:** Na maioria das vezes em que um herbicida é aplicado em pré-emergência, ele é aplicado com um pulverizador de barra, equipado com um ou mais bicos em leque, do tipo costal ou tratorizado. A pulverização pode ser feita em faixa sobre a linha de plantio ou na área total, dependendo do tamanho da área a ser tratada. O tratamento em faixa é mais apropriado para pequenas lavouras e deve ser complementado com o cultivo nas entrelinhas; **b) Aplicação via água de irrigação:** Resultados experimentais indicam que é possível aplicar herbicidas de pré-emergência via água de irrigação, tanto em linhas convencionais de irrigação quanto no pivot central. O produto é injetado na linha principal de irrigação e distribuído pelos aspersores. A aplicação é normalmente feita com a primeira irrigação após o plantio e a performance observada é quase sempre superior à aplicação convencional porque a umidade requerida para ativação do herbicida está sempre presente. A lâmina de água usada varia de 6 a 13mm. Para que a aplicação funcione bem, é necessário todo o cuidado na injeção do produto na linha de irrigação; **c) Aplicação aérea:** Lavouras de milho com pelo menos 60 ha, em áreas de topografia plana, podem ser pulverizadas por avião cobrindo-se em um dia extensas áreas de plantio. Apesar dessa situação ser menos frequente, os usuários de herbicidas podem contratar uma firma para realizar a tarefa. Todo cuidado deve ser tomado para não se causar injúrias em culturas vizinhas, sensíveis aos herbicidas de milho.

5. HERBICIDAS PARA O MANEJO DE PLANTAS DANINHAS EM PÓS-EMERGÊNCIA INICIAL

Muitas vezes, por uma dificuldade climática, o herbicida de pré-emergência não foi aplicado ainda e o produtor de milho se vê a frente de uma lavoura onde o milho e as plantas daninhas já nasceram. Este tipo de situação pode ocorrer pela falta de umidade no momento do plantio ou, como é mais comum, por falta de maquinário para plantar e pulverizar ao mesmo tempo. Para controlar as plantas daninhas recém-emergidas, podem ser usados herbicidas de ação pós-emergente inicial, seletivos para o milho e capazes de controlar plantas pequenas.

A pulverização de herbicidas em pós-emergência inicial é feita, normalmente, quando o milho apresenta de um a dois pares de folhas e as plantas daninhas menos de 5 cm (latifoliadas) e antes de perfilhar (gramíneas). Quando o milho está além deste estádio, podem surgir problemas de fitotoxidade e a eficiência dos herbicidas pode ser menor em função do porte das infestantes. Herbicidas como cyanazine, cyanazine + simazine, 2,4-D amina e 2,4-D éster não são recomendados quando o milho ultrapassa o estádio de dois pares de folhas. Gramíneas como o capim marmelada (*Brachiaria plantaginea* (Link) Hitch.) são controladas nos estádios iniciais mas se tornam resistentes a partir do perfilhamento. Depois do perfilhamento, somente o herbicida nicosulfuron tem condições de controlar o capim marmelada no meio do milho.

A exemplo dos herbicidas de pré-emergência, os herbicidas usados na pós-emergência inicial possuem ação residual variada e, além de controlar as plantas daninhas emergidas, controlam também as que ainda vão nascer, dentro do período de ação do herbicida. A pulverização deve ser feita em dia não chuvoso para que as gotículas não sejam arrastadas, mas a umidade do solo é muito importante para a ativação no solo e absorção foliar. Horas quentes do dia e umidade relativa do ar baixa (abaixo de 60%), não são recomendadas para a pulverização. Os melhores resultados de pulverização em pós-emergência inicial têm sido obtidos por produtores que pulverizam nas primeiras horas do dia, com vazão na faixa de 100 a 150l/ha.

A pulverização de herbicidas em pós-emergência inicial pode ser usada pelos pequenos produtores pela facilidade de pulverização em faixa com pulverizador

costal, seguindo-se a linha de milho. A esse tratamento em faixa, que elimina toda concorrência das plantas daninhas com o milho, segue-se normalmente o cultivo nas entrelinhas, com um cultivador de tração animal.

Os herbicidas recomendados para o controle em pós-emergência inicial de plantas daninhas na cultura do milho, estão agrupados nas Tabelas 7 e 8, sendo a primeira para os produtos comerciais de um só princípio ativo e a outra para as misturas comerciais contendo dois princípios ativos.

Tabela 7. Herbicidas recomendados para o controle em pós-emergência inicial de plantas daninhas na cultura do milho. a) Produtos de um princípio ativo.

PRINCÍPIO ATIVO*	DOSE (Kg/Ha)
Atrazine **	2,0 a 3,0
Atrazine + Óleo	2,0 a 2,8
Cyanazine***	1,50 a 2,50
Bentazon	0,72 a 0,96
2,4-D amina	0,5 a 1,0
2,4-D éster	0,24 a 0,36
MCPA	0,4688 a 0,9375
Pyridate	0,9
Nicosulfuron	0,06 a 0,08

* Consulte o **Guia de Herbicidas** para ver os produtos comerciais e suas doses
**Recomenda-se adição de um adjuvante.
***Cyanazine não é recomendado para terrenos arenosos

O uso de nicosulfuron deve ser feito com cautela, seguindo-se rigorosamente as indicações do fabricante e distribuidores. Alguns cultivares de milho como o BR 3123, Cargill 969, Agroceres 200, Agromen 210, Germinal 600, Colorado 11, Pioneer 3230, Braskalb XL 320 e XL 370, têm se mostrado pouco tolerantes a esse graminicida, surgindo casos de injúrias iniciais.

Tabela 8. Herbicidas recomendados para o controle em pós-emergência inicial de plantas daninhas na cultura do milho. b) Misturas de princípios ativos.

MISTURA DE HERBICIDAS*	DOSE (Kg/Ha)
Atrazine + Metolachlor	(1,0 + 1,5) a (1,4 + 2,1)
Atrazine + Simazine**	(1,25 + 1,25) a (1,75 + 1,75)
Cyanazine + Simazine	(1,2 + 1,2) a (2,0 + 2,0)
2,4-D amina + MCPA	(0,33 + 0,33)

* Consulte o **Guia de Herbicidas** para ver os produtos comerciais e suas doses
**Recomenda-se a adição de um adjuvante, para incrementar a absorção foliar.

6. HERBICIDAS PARA O MANEJO DE PLANTAS DANINHAS TARDIAS QUE CAUSAM PROBLEMAS NA COLHEITA

A Tabela 9 apresenta os herbicidas recomendados para o controle de plantas daninhas tardias que causam problemas na colheita. A aplicação dirigida de herbicidas nas entrelinhas do milho, tem caráter complementar e o objetivo de melhorar as condições de colheita, ajudando o controle das plantas daninhas tardias. Com o advento das aplicações sequenciais, onde as doses dos herbicidas são menores, a aplicação dirigida de herbicidas nas entrelinhas do milho se torna cada vez mais importante, complementando a

aplicação feita na pré-emergência ou na pós-emergência inicial. A aplicação dirigida de herbicidas é também importante no caso do sistema de plantio direto do milho onde, o herbicida de manejo antes do plantio mantém a área limpa por algum tempo, dispensando tratamentos de pré e pós-emergência inicial e requerendo um tratamento complementar para beneficiar as condições de colheita.

Estes herbicidas são aplicados nas entrelinhas do milho, de forma que o jato do pulverizador atinja somente as folhas baixeiras e não acerte as folhas de cima do milho. Para que isso seja possível, o milho tem que estar no estádio acima de quatro pares de folhas, com uma altura mínima de 40 a 50cm. Os herbicidas usados nessa operação não são seletivos para o milho e podem causar injúrias na planta se a pulverização não for dirigida.

A pulverização dirigida pode ser feita com um pulverizador costal, aplicando-se o herbicida nas manchas de maior infestação ou, em casos de grandes lavouras, com um pulverizador de barra tratorizado. Para a aplicação tratorizada, recomenda-se o uso de uma barra especial com pingentes de mola para baixar os bicos e dirigir o jato para a base das plantas. Essa é uma operação limitada pela altura do milho. Se o milho estiver muito alto, a barra do pulverizador pode quebrar a cana do milho.

Tabela 9. Herbicidas recomendados para o manejo de plantas daninhas tardias na cultura do milho, através da pulverização dirigida.

PRINCÍPIO ATIVO*	DOSE (kg/Ha)
Paraquat**	0,3 a 0,6
Glufosinato	0,3 a 0,4
Ametryn***	1,2 a 2,0
2,4-D amina	0,5 a 1,0

* Consulte o **Guia de Herbicidas** para ver os produtos comerciais e suas doses

** Adicionar surfactante não iônico na solução aquosa.

*** Adicionar adjuvante

Os produtores de milho do Estado do Paraná têm usado, com frequência, essa modalidade de controle e alguns equipamentos já estão disponíveis no mercado. Entre os produtos utilizados, os herbicidas a base de paraquat e glufosinato têm ação de contato e não apresentam efeito residual. Ametryn tem ação de contato mas apresenta efeito residual por 60-90 dias. Os herbicidas a base de 2,4-D amina têm ação sistêmica e um efeito residual de aproximadamente 30 dias.

7. CONCLUSÕES

Algumas conclusões importantes podem ser destacadas com relação ao manejo de plantas daninhas na cultura do milho: a) As plantas daninhas devem ser controladas em função das perdas que acarretam e o investimento do produtor deve ser proporcional a essas perdas; b) Além dos problemas de competição e outras ações que causam as perdas na produção, o produtor de milho deve preocupar-se também com os problemas de colheita e, principalmente, com o aumento gradativo da infestação de plantas daninhas, comprometendo as produções futuras; c) Há uma lista muito grande de produtos comerciais que podem ser usados para controlar as plantas daninhas na cultura do milho. A escolha do produto, do método de aplicação e da dose a ser utilizada, é função da lista de plantas daninhas que ocorrem na área de produção, dos equipamentos existentes na propriedade etc. O produtor de milho deve recorrer a um técnico para auxiliá-lo nessa tarefa; d) Finalmente, o meio ambiente deve ser preservado, escolhendo-se produtos que atendam as exigências de performance técnica, de segurança para a cultura e de preservação do meio ambiente.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F. S. de; RODRIGUES, B. N.; OLIVEIRA, V. F. Controle de ervas. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **O milho no Paraná.** Londrina: IAPAR, 1982. p. 109-140. (IAPAR - Circular, 29).

GAMA, E. E. G. e; MAGNAVACA, R.; SILVA, J. B. da; SANS, L. M. A.; VIANA, P. A.; PARENTONI, S. N.; PACHECO, C. A. P.; CORRÊA, L. A.; FERNANDES, F. T. Milho pipoca. **Informe Agropecuário**, 14(165): 8-12. 1990.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil**: terrestres, aquáticas, parasitas, tóxicas e medicinais. 2.ed. Nova Odessa: Plantarum, 1991. 440 p.

RODRIGUES, B. N. & ALMEIDA, F. S. de. **Guia de Herbicidas**. 3. ed. Londrina, 1995. 676 p.

SILVA, J. B. da, DUARTE, N. de F., ARCHANGELO, E. R. Sistemas de manejo de plantas daninhas para a cultura do milho - Curso do CIMMYT. Relatório de subprojeto 04.0.94.262/02, EMBRAPA/CNPMS, 1997.

SILVA, J. B. da.; PIRES, N. de M. Controle de Plantas daninhas na cultura do milho. **Informe Agropecuário**, 14(164): 17-20. 1990.

SILVA, J. B. da.; SILVA, J.; CORREA, L.A.; COELHO, J.P.; MAGNAVACA, R.; FERREIRA, A.A.M. Competição de herbicidas na cultura do milho, em áreas infestadas com tiririca (*Cyperus rotundus* L.). In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MILHO, 9. Recife. **Anais**, Recife, SUDENE. 1972. p. 190-5.

MANEJO DO NITROGÊNIO NA CULTURA DO MILHO NO SISTEMA PLANTIO DIRETO[1]

João Carlos de Moraes Sá[2]

1. INTRODUÇÃO

A expansão da área de cultivo de grãos sob o sistema plantio direto no Brasil, tem sido expressiva nesses últimos anos. A estimativa para a safra de 1997 situa-se ao redor de 5,5 a 6,0 milhões de hectares, representando quase 15% da área cultivada com grãos.

A expressão *plantio direto*, derivada do termo *"no-tillage"*, foi definida por JONES et al. (1968), como sendo um procedimento de plantio de uma cultura diretamente sobre uma cobertura vegetal morta quimicamente, ou sobre os resíduos da cultura anterior, sem o preparo mecânico do leito de semeadura. Posteriormente, MUZILLI (1981, 1991) ampliou o conceito, definindo-o como um processo de semeadura em solo não revolvido, no qual a semente é colocada em sulcos ou covas, com largura e profundidade suficientes para a adequada cobertura e contato das sementes com a terra.

Atualmente, este conceito assume a visão integrada de um ***sistema***, envolvendo a combinação de práticas culturais ou biológicas, tais como: o uso de produtos químicos ou práticas mecânicas no manejo de culturas destinadas à adubação verde, para a formação de coberturas do solo; a combinação de espécies com características distintas - exigências nutricionais, produção de fitomassa, sistema radicular - visando constituir uma rotação de culturas; a manutenção dos resíduos culturais na superfície do solo; a adoção de métodos integrados de controle de plantas invasoras, através de cobertura do solo e herbicidas específicos e o ***não revolvimento*** do solo, exceto nos sulcos de semeadura.

Se por um lado a cobertura morta reduz a amplitude térmica e a perda de água por evaporação (BLEVINS et al., 1977), por outro, resulta na melhoria do ambiente para a biomassa microbiana do solo, aumentando sua atividade. A dinâmica da matéria orgânica é alterada, não somente interferindo no ciclo de transformações dos nutrientes nesse sistema, mas também, agindo sobre a estrutura do solo na camada superficial (OADES, 1984). A manutenção da arquitetura de poros pela permanência das raízes das culturas, a ação da meso e macro fauna na fragmentação dos resíduos e formação de galerias influenciam na aeração e no movimento descendente da água, resultando em trocas mais intensas no sistema.

No Brasil, do ponto de vista da fertilidade do solo, foi constatado o efeito dos resíduos culturais no acúmulo de nutrientes e sua influência nas culturas em sucessão (MUZILLI, 1981, 1983 e 1985; SIDIRAS e PAVAN, 1985; SÁ, 1993 e 1996). Nestes trabalhos atribuiu-se aos efeitos da

---

[1] Trabalho apresentado no Simpósio da Cultura do Milho, Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Departamento de Agricultura - 1 a 3 de Julho de 1997.

[2] Doutorando ESALQ-CENA/Ohio State University, Prof. do Departamento de Ciência do Solo e Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Praça Santos Andrade s/n. Cx. Postal 992/3, CEP 84010-330, Ponta Grossa - PR, E-mail: jucasa@carpa.ciagri.usp.br.

mineralização dos resíduos culturais, tal como os resultados da década de 70 nos EUA.

Na década de 80, o questionamento ao manejo da fertilidade do solo no plantio direto foi intenso em diversos segmentos da pesquisa e da assistência técnica, principalmente sobre a correção da acidez e do modo de aplicação de fertilizantes. Entre os macronutrientes, o fósforo, devido a sua baixa mobilidade no solo e suscetibilidade às reações de fixação e o nitrogênio, pela sua alta mobilidade e sujeito aos processos de perdas, ocuparam à atenção em inúmeros trabalhos relacionados ao modo de aplicação.

2. EFEITO DO SISTEMA DE MANEJO DO SOLO NA DINÂMICA DO NITROGÊNIO

A maior reserva de N nos solos está ligada a cadeias carbônicas constituindo a matéria orgânica, em formas não diretamente disponíveis para as plantas. O teor total desse elemento na camada superficial (0-20 cm) varia em geral de 0,05 a 0,5% e menos de 5% do N total está em formas inorgânicas como o íon amônio (NH_4^+) e o íon nitrato (NO_3^-).

A ausência do revolvimento do solo e a manutenção de resíduos culturais na superfície, resulta num aumento significativo da quantidade de matéria orgânica no solo, porque as taxas de decomposição são menores e reguladas principalmente pela quantidade de carbono e nitrogênio existente em cada uma delas. O fluxo de liberação de N ao sistema será influenciado pela presença de resíduos com maior ou menor relação *C:N*. Esse processo é essencialmente biológico e sujeito à interferência de diversos fatores.

DICK *et al.*(1991) avaliando a adoção contínua do plantio direto por mais de 25 anos, através de diversos atributos do solo, constataram que o acúmulo de nitrogênio na camada superficial, deveu-se principalmente ao não revolvimento do solo. Comentaram ainda que a aplicação de fertilizante nitrogenado, estaria condicionada à interação de alguns fatores, tais como: as condições climáticas (especialmente a distribuição de chuvas) e a combinação de culturas com diferentes relações *C/N*.

A avaliação do conteúdo de nitrogênio mineral (NO_3^- e NH_4^+) em amostras de terra coletadas em várias profundidades de um latossolo vermelho-escuro sob plantio direto e preparo convencional, em Carambeí-PR, revelou comportamento diferenciado para os sistemas de manejo (figura 1). Na camada de 0-7 cm, o N-mineral nos dois sistemas de manejo, foi representado pelo $N\text{-}NO_3^-$ e os valores obtidos no plantio direto, foram quase três vezes superior ao preparo convencional ao final de 10 semanas de incubação. Nesta camada, o pH, o conteúdo de matéria orgânica e de bases trocáveis, eram mais elevados do que no preparo convencional, favorecendo maior atividade de microorganismos nitrificadores. Por outro lado, nas camadas abaixo de 30 cm, predominou a forma amoniacal (NH_4^+) nos dois sistemas de manejo do solo. Neste caso, a acidez elevada seria o fator que limitaria à atividade dos nitrificadores, não impedindo a ação dos amonificadores, conforme a abordagem de VICTÓRIA et al. (1992).

2.1 Preparo Convencional Plantio Direto

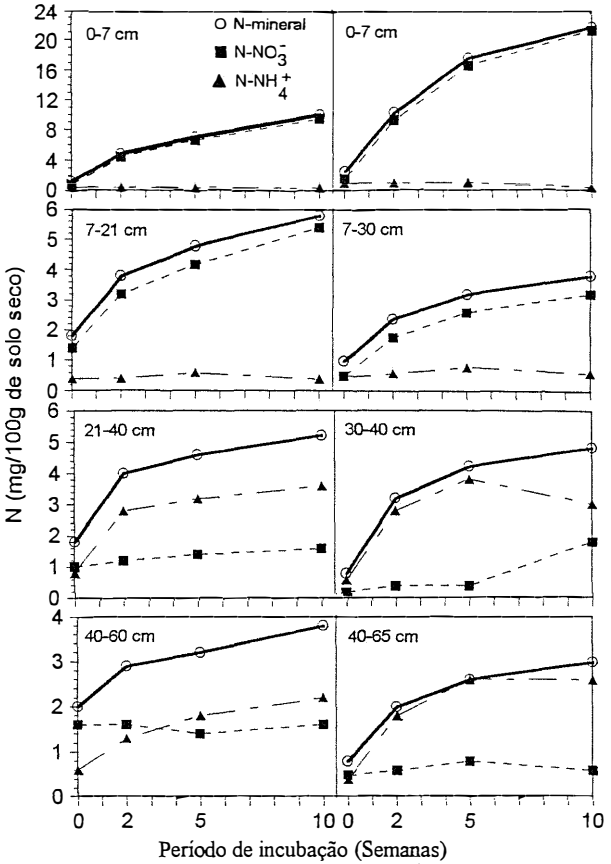


Figura 1. Variação no conteúdo do N-mineral (NO_3^- + NH_4^+) em um latossolo vermelho escuro argiloso (argila 42 %), há 10 anos sob preparo convencional (PC) e plantio direto (PD) em diversas profundidades de amostragem em Carambeí-PR. Amostras incubadas por um período de 10 semanas à temperatura de 30 °C mantendo a umidade à 60 % da capacidade máxima de retenção (SÁ, 1993).

Nas mesmas amostras foi avaliado a quantidade de nitrogênio orgânico e o mineralizado no período de 10 semanas (Tabela 1). Apesar do conteúdo de N-orgânico no plantio direto seja superior ao preparo convencional em quase duas vezes na camada de 0-7 cm, o N-mineralizado não acompanhou a mesma tendência. Do ponto de vista da utilização do N pelas plantas, a mineralização contínua dos resíduos culturais em taxas menores, pode contribuir com quantidades expressivas no suprimento do elemento, proporcionando o uso mais eficiente no sistema. Na realidade, ocorre picos com maior imobilização pela biomassa microbiana do solo e na sequência, picos com maior mineralização e disponibilidade de N para as plantas. É exatamente nas condições de imobilização que a complementação com o fertilizante nitrogenado seria eficaz, para

proporcionar um fluxo mais contínuo de N e satisfazer a exigência da planta nos diversos estádios de desenvolvimento.

Tabela 1. Conteúdo de N-orgânico e N-mineralizado em um latossolo vermelho escuro, argiloso (42 % de argila), em Carambeí-PR, há 10 anos sob preparo convencional e plantio direto. Amostras coletadas em diversas profundidades e incubadas a 30°C, por um período de 10 semanas à umidade de 60 % da capacidade máxima de retenção (Sá, 1996).

Profundidade de	Preparo Convencional		Plantio direto	
amostragem (cm)	N-orgânico	N-mineralizado	N-orgânico	N-mineralizado
	mg $100g^{-1}$			
0-7	130	6,8	255	7,8
8-21	91	5,2	101	5,2
22-40	79	4,5	93	4,6
41-60	58	3,0	70	3,2

A presença de resíduos culturais facilmente decomponíveis cuja relação *C:N* seja ao redor de 15 a 20:1 (e.g. soja, feijão, tremoço, nabo forrageiro, etc.) significa uma disponibilidade de energia para os microorganismos, cuja a população tenderá a crescer. Por outro lado, se o material em decomposição tiver pouco N, relação *C:N* superior 30:1 (e.g. aveia preta, milheto, milho, sorgo, etc.), este será o fator limitante do crescimento da população microbiana, que apresenta em média, a relação *C:N* 10/1. Do ponto de vista prático, as adições de resíduos culturais com alta relação *C:N*, antes do plantio de uma cultura, possibilitará um consumo de N pela biomassa microbiana do solo, imobilizando-o na sua massa celular, podendo causar deficiência na cultura em desenvolvimento, caso não seja adicionado N via fertilizante. A população microbiana não se mantém crescendo indefinidamente e a partir do ponto em que o carbono facilmente oxidável desaparece e o sistema em decomposição tiver a relação *C:N* menor que 25, começa a ocorrer a liberação de N para as plantas.

Esses efeitos tendem a ser mais expressivos nos primeiros anos de adoção do sistema e serão ainda maiores se o estágio de degradação do solo for elevado (decapitação do horizonte A; redução acentuada do teor de matéria orgânica em relação ao original e camadas compactadas). A demanda em N pela biomassa microbiana do solo e pelas culturas será elevada, exigindo maiores doses de N para suprir suas exigências nutricionais. Com base em diversos experimentos, SÁ (1996) observou que o aumento do teor de carbono em função do tempo de adoção do plantio direto proporcionou maior liberação de N ao sistema (figura 2). Nas condições de estudo (região Centro-Sul do Paraná), a maior resposta à adubação nitrogenada para as gramíneas (milho e trigo) tem sido o aumento da dose no sulco de semeadura, justamente para contornar a carência em N, na fase inicial do desenvolvimento das culturas devido ao efeito da imobilização do N mineral.

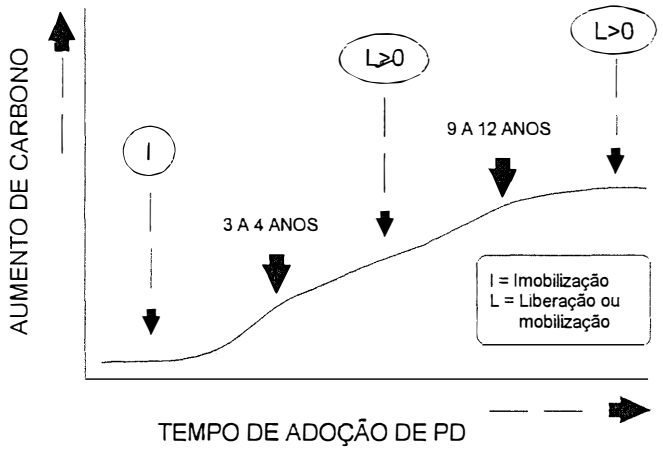


Figura 2. Influência do tempo de adoção do plantio direto e aumento do teor de carbono na imobilização-liberação (mineralização) de N ao sistema na região dos Campos Gerais, Centro-Sul do Paraná.

Em geral, o plantio direto é adotado em áreas sob longo período em preparo convencional com elevado nível de degradação. Nesses casos, tem sido comum a ocorrência de maior resposta a nitrogênio em lavouras de milho e trigo na fase inicial de adoção do sistema, mesmo quando cultivadas após uma leguminosa. O teor de matéria orgânica encontrado é geralmente muito abaixo das condições originais e, quando inicia-se adições de material orgânico na superfície do solo, inicia-se o processo de decomposição e durante um longo período o produto da mineralização será reutilizado para a manutenção da própria biomassa.

3. EFEITO DA ROTAÇÃO DE CULTURAS NA RESPOSTA DO MILHO A ADUBAÇÃO NITROGENADA

O cultivo alternado de espécies constituindo uma determinada rotação, provoca respostas diferenciadas nas culturas envolvidas nesse processo. As exigências nutricionais e a produção de fitomassa (parte aérea e sistema radicular) difere entre as espécies e, os resíduos mantidos na superfície do solo, serão decompostos à taxas reguladas principalmente pela quantidade de carbono e nitrogênio existente em cada uma delas. O fluxo de liberação de N ao sistema será influenciado pela presença de resíduos com maior ou menor relação *C:N* (HEINZMANN, 1985).

No início da década de 80, com a expansão do plantio direto na região dos Campos Gerais, um item muito discutido foi sobre qual seria a melhor seqüência de culturas para compor uma rotação. O ponto central da discussão situou-se na cultura que iria anteceder o milho. Os resultados de pesquisa de MUZILLI (1981) em um experimento sobre sistemas de manejo e rotação de culturas implantado em Carambeí-PR, em 1976, mostrou claramente a deficiência de nitrogênio no tecido foliar do milho e do trigo, quando a seqüência de culturas era predominantemente constituída de gramíneas (milho/trigo/milho). Constatou também, que somente a inclusão de uma leguminosa, como a soja, reduziu sensivelmente a carência de N nessas culturas.

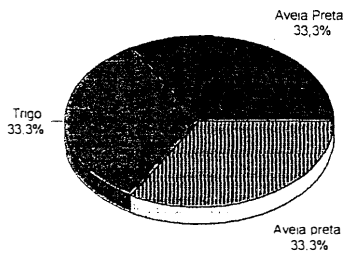
Posteriormente, DERPSCH (1984), trabalhando com diversas coberturas verdes de inverno mostrou que as leguminosas antecedendo a cultura de milho proporcionaram maior rendimento de grãos do que as gramíneas. Também observou que sem o uso de nitrogênio, o rendimento de grãos de

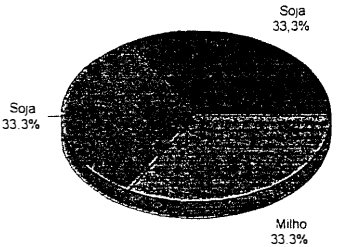
milho quando adotada a seqüência soja/tremoço/milho, foi de 6,13 ton./ha, enquanto na seqüência milho/pousio/milho e milho/tremoço/milho, foi de 2,56 e 5,71 ton./ha, respectivamente. Embora expressivo o efeito da leguminosa, é importante destacar a contribuição dos resíduos das outras culturas na seqüência, tal como a abordagem de BUCHANAN & KING (1993), quando enfatizaram o efeito remanescente dos resíduos ao longo do tempo, na liberação de nutrientes, em função de diferentes taxas de decomposição.

HEINZMANN (1985) em um latossolo roxo no norte do Paraná, acompanhou a dinâmica de N após o corte de adubos verdes de inverno (aveia preta, nabo forrageiro, ervilhaca peluda, tremoço e trigo) em nove datas, para avaliar a influencia destas sobre as culturas de verão (soja, milho e feijão). Observou menores teores de NO_3^- no solo nas parcelas com aveia preta (cerca de 30 kg/ha) durante o corte e os maiores teores foram encontrados nas parcelas com pousio (cerca de 90 kg/ha). Após 20 dias do corte os teores de NO_3^- elevaram-se sensivelmente, atingindo valores de 60, 90 e 110 kg/ha de N, nas parcelas com aveia preta, tremoço branco e nabo forrageiro, respectivamente. Observou teores de NO_3^- mais elevados (240 kg/ha) aos 56 dias com o nabo forrageiro. Entretanto, a aveia preta proporcionou outro pico aos 120 e 160 dias após o corte. Pode-se afirmar que a liberação de N à partir dos resíduos de leguminosas e do nabo forrageiro ocorre nas primeiras semanas após o corte, enquanto da aveia preta coincidirá com o estádio de florescimento e enchimento de grãos.

Com base nestas informações, pode-se dizer que para a avaliação do comportamento do nitrogênio no solo, é muito mais importante o efeito do sistema de manejo do solo e o fator tempo, do que somente a cultura antecessora. É importante compreender a dinâmica do nitrogênio sob o ponto de vista do sistema de produção, porque, além das condições edafoclimáticas de cada região, os processos de transformação serão diferenciados e refletirá na decisão sobre a definição da seqüência de culturas mais adequada.

Apesar da ampla divulgação dos resultados de pesquisa, 95% dos 1700 agricultores associados às cooperativas mantenedoras da Fundação ABC na região Centro-Sul do Paraná, utilizavam a aveia preta como cobertura verde antecedendo o milho em 1987/88. Entre as opções de rotação de culturas adotada pelos agricultores dessa região (SÁ, 1993), a seqüência *aveia preta/soja/trigo/soja/aveia preta/*milho tem sido a mais utilizada, conforme figura abaixo.





Vários pontos foram considerados e discutidos em relação aos motivos da adoção desta seqüência. Os principais argumentos apresentados após discussão com os agricultores e os engenheiros agrônomos do departamento de assistência técnica são resumidos a seguir: a) Maior produção de fitomassa da aveia preta em relação às leguminosas mais adaptadas à região; b) A semeadura de aveia preta pode ser realizada à lanço sem prejuízo à formação de uma boa cobertura proporcionando maior agilidade e

menor custo em relação às leguminosas (tremoços e ervilhacas). No inverno, parte da área é cultivada com trigo, triticale e cevada e as semeadoras são principalmente destinadas para estas culturas; c) O custo de aquisição de um quilo de semente de tremoço ou ervilhaca equivale de 3 a 5 kg de aveia preta. A recomendação regional sugerida pelo departamento técnico para a formação de coberturas verdes, situa-se entre 60-70; 40-45 e 80-90 kg/ha de aveia preta, ervilhaca comum e tremoço azul, respectivamente. Considerando a relação de custo de *leguminosa:gramínea* de 1:5, é possível semear 6,4 ha de aveia para 1,0 ha de tremoço azul. Neste caso, a compensação com a aplicação de **N** mineral pode ser uma opção mais econômica; d) Para uma boa produção de massa seca de leguminosas (tremoço azul ou ervilhaca comum) nesta região, há necessidade de realizar a semeadura nos meses de março/abril. Caso contrário, o desenvolvimento inicial será mais lento, possibilitando a incidência de maior população de ervas daninhas, que resultará em maior custo de controle destas na fase de manejo químico da cobertura verde ou na cultura do milho. Dessa forma, torna-se necessário um planejamento na escolha de cultivares de soja com ciclo de colheita que permita esse arranjo; e) Em geral, tem sido encontrado problemas fitossanitários nas sementes, que tem causado redução da população de plantas e em consequência, uma cobertura verde desuniforme, apresentando espaços vazios em várias partes da lavoura. O resultado desta situação, é a formação de "*reboleiras*" com elevada infestação de ervas daninhas e em geral, é necessário maior dose de herbicidas dessecantes para seu controle, com aumento no custo de produção; f) Apesar de muita controvérsia, tem sido relatado a influência da leguminosa de inverno estimulando o desenvolvimento de alguns patógenos (*sclerotinia sclerotiorum, Diaporte sp*) que causam enfermidades na cultura de soja e feijão, cultivadas no verão seguinte, devido às condições climáticas da região serem favoráveis.

Face a esses argumentos, procurou-se estudar a resposta à nitrogênio pela cultura de milho e trigo em solos sob plantio direto, considerando o sistema de produção. No período de 1988 à 1996 uma série de experimentos foram realizados, em solos com diferentes níveis de fertilidade e composição granulométrica, divididos em duas linhas de ação: 1) comparação entre doses de N aplicadas na semeadura do milho cultivado após aveia preta, combinadas ou não à doses em cobertura e doses combinadas com a população de plantas (milho e trigo); 2) Efeito da rotação de culturas na resposta do milho a doses de N. Neste caso, a seqüência aveia preta/milho e tremoço e ervilhaca/milho, foram inseridas em um plano de rotação.

No ano de 1988, foram conduzidos experimentos nas regiões de Tibagi, Castro e Carambeí. As unidades pedológicas foram caracterizadas como: latossolo vermelho escuro, álico, A proeminente, textura argilosa, fase campo subtropical com relevo suave ondulado (Tibagi e Carambeí) e latossolo vermelho amarelo, A proeminente, textura argilosa, fase campo subtropical com relevo suave ondulado (Castro). Os experimentos foram delineados na forma de blocos ao acaso, dispostos em parcelas subdivididas, constituindo-se de doses de N na semeadura (0; 30 e 60 kg/ha - parcela) combinada a doses em cobertura (0, 60 e 120 kg/ha) em duas épocas de aplicação (Época 1 - 110 % da dose aos 35 dias após a semeadura direta, época 2 - 50 % aos 35 e o restante aos 55 dias após a semeadura direta - subparcela).

O rendimento de grãos, sumarizados na tabela 2, foi significativamente afetado pelas doses de N na semeadura, independente do local. A dose de 30 kg/ha de N no sulco de semeadura, proporcionou o resultado equivalente à dose de 120 kg/ha N em cobertura. Apesar do elevado rendimento das parcelas sem nitrogênio, observou-se redução de crescimento nas plantas nos estádios iniciais de desenvolvimento e sintomas de amarelecimento nas folhas. As parcelas adubadas com 30 kg/ha de N apresentaram-se com a coloração verde intensa e crescimento

normal, enquanto a aplicação de 60 kg/ha de N na semeadura causou sintomas de fitoxidade nas plântulas.

Tabela 2. Rendimento de grãos de milho* em solos sob plantio direto, na região Centro-Sul do Paraná, submetido à doses de nitrogênio no sulco de semeadura associados ou não à doses em cobertura.

N no sulco de semeadura	N em cobertura			
	0	60	120	Média
	kg/ha			
	Tibagi [1]			
0	7.951 aA	8.252 aA	9.146 aB	8.449
30	9.116 cA	9.128 bA	8.978 aA	9.074
60	8.673 bA	9.389 bB	9.148 aB	9.070
Média	8.580	8.923	9.090	8.864
	Carambeí [2]			
0	8.178 aA	8.495 aA	8.061 aA	8.245
30	9.146 bA	9.413bA	9.197 bA	9.252
60	8.781 aA	8.737 aA	8.500 aA	8.672
Média	8.699	8.881	8.586	8723
	Castro [3]			
0	8.156 aA	10.009 aA	9.305 aB	9.156
30	10.987 cA	11.217 cA	11.462 cB	11.222
60	10.349 bA	9.948 aA	10.473 bA	10.256
Média	9.830	10.391	10.413	10.211

As letras minúsculas referem-se a comparação das médias na coluna (doses na semeadura) e as maiúsculas na linha (doses em cobertura) pelo teste de Tukey ao nível de 5%. C.V.(%) = 9,5; 6,5; 7,4 (Tibagi, Carambeí e Castro, respectivamente); * Híbrido utilizado: P 3230; [1] Rotação adotada: aveia preta/soja/trigo/soja/aveia preta/**milho**; Plantio direto iniciado em 1982; [2] Rotação adotada: pastagem/preparo do solo + calagem/aveia preta/**milho**; Plantio direto após aveia preta; [3] Rotação adotada: aveia preta/soja/trigo/soja/aveia preta/**milho**; plantio direto iniciado em 1986. (SÁ, 1996b).

Em todos os locais, a aplicação de 30 kg/ha de N na semeadura proporcionou melhor "arranque", reduzindo e/ou eliminando a carência inicial (figura 3) devido ao processo de imobilização causado pela decomposição dos resíduos de aveia preta. Segundo DERPSCH (1984), a aveia preta possui elevada capacidade de extração e acumulação de N na planta (147 kg/ha) e, neste caso, a aplicação de N na semeadura possivelmente permitiu a utilização de parte do N-fertilizante pela biomassa microbiana e outra para a planta de milho. A liberação de N após o período de imobilização, provavelmente coincide com o início de florescimento, momento em que ocorre elevada utilização de N pela planta.

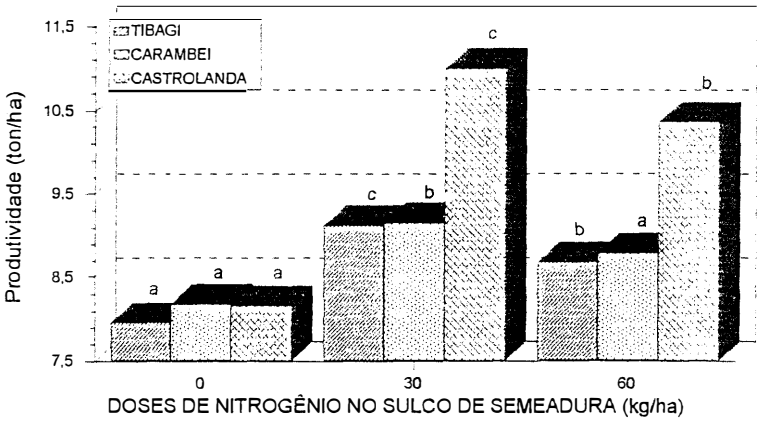


Figura 3. Efeito isolado de doses de nitrogênio na semeadura de milho em sucessão com aveia preta em três locais sob o sistema plantio direto (a comparação das médias pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade, foi entre doses de N dentro de cada local).

Após a colheita de soja, a tendência é o aumento da oferta de N ao sistema, devido a decomposição dos resíduos com relação *C:N* inferior a 25. A cultura de aveia preta utiliza grande parte do nitrogênio disponível no solo (figura 4). No estádio de grão leitoso da aveia, quando é realizado o manejo mecânico, a produção de fitomassa atinge valores médios entre 3,5 a 4,5 ton/ha de massa seca, com relação *C:N* situando-se entre 24 a 34.

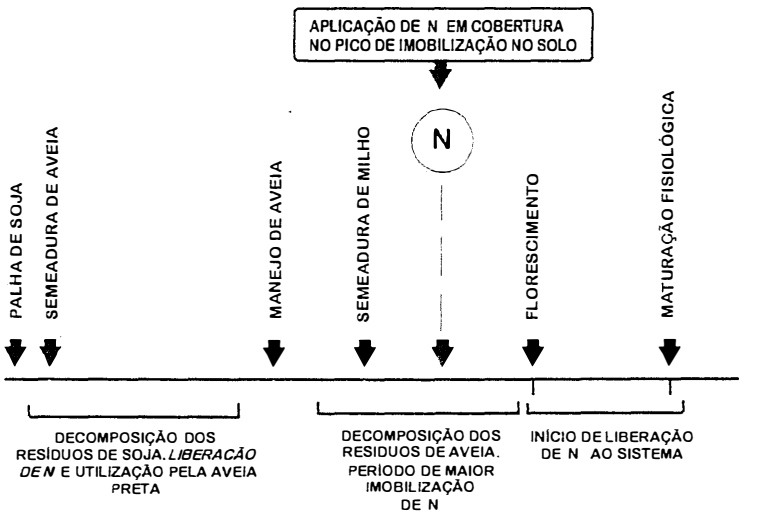


Figura 4. Esquema de mineralização-imobilzação de N antes e durante o ciclo de desenvolvimento da cultura de milho na rotação aveia

Desse momento em diante, inicia um período de intensa atividade microbiana e concomitantemente ocorre a imobilização de N. Daí a importância de um maior aporte de N na semeadura, para reduzir a carência inicial de N.

Os resultados de HOLTZ (1995) em um latossolo vermelho escuro sob plantio direto, em Carambeí - PR, respaldam esses argumentos. Constatou através da análise de tecido da aveia preta no momento do manejo mecânico, que a palhada continha aproximadamente 129 kg/ha de N e após 205 dias, restaram apenas 32 kg/ha. Durante este período, presume-se que ocorreu uma mineralização de 97 kg/ha, ou seja, 75% do valor inicial na palhada foram liberados ao solo. Outro ponto abordado por HOLTZ (1995) foi a variação da relação C:N ao longo do processo, com valores oscilando de 20 a 28, indicando que em determinados momentos ocorria a imobilização e em outros à mineralização. É importante compreender no plantio direto, que nos primeiros 5 cm o material orgânico depositado na superfície encontra-se em diferentes estágios de fragmentação e decomposição.

Visando avaliar a amplitude de resposta a nitrogênio pela cultura de milho em plantio direto sob efeito da rotação de culturas, foram implantados experimentos em quatro localidades na região dos Campos Gerais durante cinco anos no período de 1988/92. Conduzidos em um latossolo vermelho escuro (Arapoti, Tibagi, e Ponta Grossa) e num latossolo vermelho amarelo (Castro), os tratamentos foram casualizados em quatro blocos, foram dispostos em parcelas subdivididas. A parcela foi constituída pela rotação de culturas (**Rotação 1**: Ervilhaca/**Milho**/Aveia Preta/Soja/Trigo/Soja; **Rotação 2**: Aveia preta/**Milho**/Aveia preta/Soja/Trigo/Soja) e na subparcela, doses de nitrogênio (0; 60; 120; 180; 240 kg/ha). Nos tratamentos com nitrogênio foi aplicado 30 kg/ha no sulco de semeadura e o restante da dose em cobertura na 6ª folha, à lanço, usando uréia como fonte de N. A distribuição das culturas nas glebas é apresentada no quadro abaixo:

Ano	Gleba I	Gleba II	Gleba III
I	**Milho**	Soja	Soja
II	Soja	**Milho**	Soja
III	Soja	Soja	**Milho**
IV	**Milho**	Soja	Soja
V	Soja	**Milho**	Soja

Nesse período, os quatro blocos e os tratamentos foram mantidos no campo e no 4º ano o milho retomou na gleba 1 nas mesmas parcelas. Em cada cultivo de trigo e soja, foi adicionado 50, 60, 60 kg/ha e 0, 50 e 50 kg/ha, de N, P_2O_5 e K_2O, respectivamente. No milho a dose de P_2O_5 e K_2O foi de 90 e 60 kg/ha, respectivamente.

Quando comparada a média de todas as testemunhas de milho sem N após leguminosa (ervilhaca comum - tremoço azul) e aveia preta (figura 4) os resultados mostraram que a contribuição média no rendimento de grãos de milho da sucessão com leguminosa foi superior à sucessão aveia preta/milho em 977 kg/ha no período de cinco anos, isto significa um ganho anual de 195,4 kg/ha.

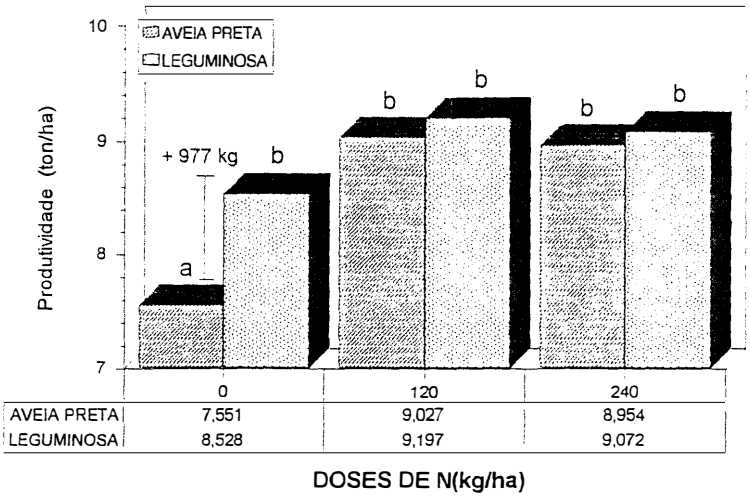


Figura 4. Efeito de doses de N no rendimento de grãos de milho em plantio direto após ervilhaca comum - tremoço e aveia preta comum (média de cinco anos em quatro locais).

A utilização de uma leguminosa antecedendo o milho proporcionou redução na dose de N em relação à aveia preta em 40 a 60%. A faixa com a maior freqüência de resposta à N situou-se entre 26 e 50 kg/ha, para produção de grãos entre 8.500 a 10.500 kg/ha (figura 5).

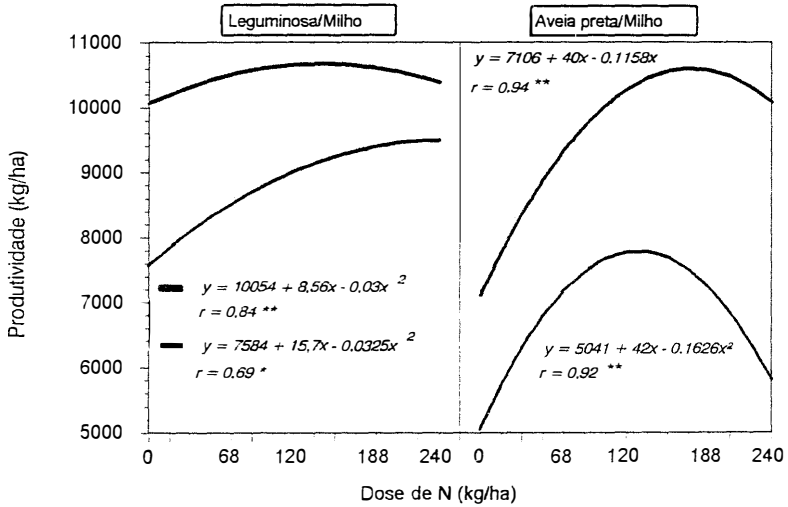


Figura 5. Curva de resposta do milho à nitrogênio na rotação com leguminosa e aveia preta em solos sob plantio direto no periodo de 1988 à 92. A linha azul e a vermelha representam a melhor e a menor produção dos quatro locais no periodo de 1988/92.

A amplitude de resposta à N pelo milho em sucessão com a *aveia preta* foi maior (Figura 5), situando-se entre 34 e 143 kg/ha e a faixa com a maior freqüência de resposta foi entre 60 e 120 kg/ha para produtividades entre 7200 e 10400 kg/ha de grãos. A dose de 120 kg/ha na sucessão *aveia preta/milho* proporcionou o mesmo rendimento que a dose de 60 kg/ha na sucessão *leguminosa/milho*.

Na rotação aveia preta/milho, o N aplicado na semeadura apresentou maior eficiência em relação à aplicação em cobertura, no estádio de elongação (V6). A dose de *30 kg/ha na semeadura*, foi responsável por *42 a 88% do ganho com a adubação nitrogenada*. O retorno em kg de milho por *kg de N aplicado na semeadura* foi de *31 até 90 kg*, enquanto a aplicação em cobertura proporcionou um ganho até 30 kg. Nesta seqüência, os resultados indicam que a fase crítica é nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura e daí, a melhor resposta à aplicação na semeadura.

Na sucessão com aveia preta, a hipótese apresentada por Sá (1993) para a expressiva resposta à N aplicado no sulco de semeadura, fundamenta-se na maior oferta de N mineral para a planta (figura 6) reduzindo o efeito de competição durante a decomposição dos resíduos com elevada relação *C:N* pela biomassa microbiana do solo, imobilizando o N que estaria disponível para o milho.

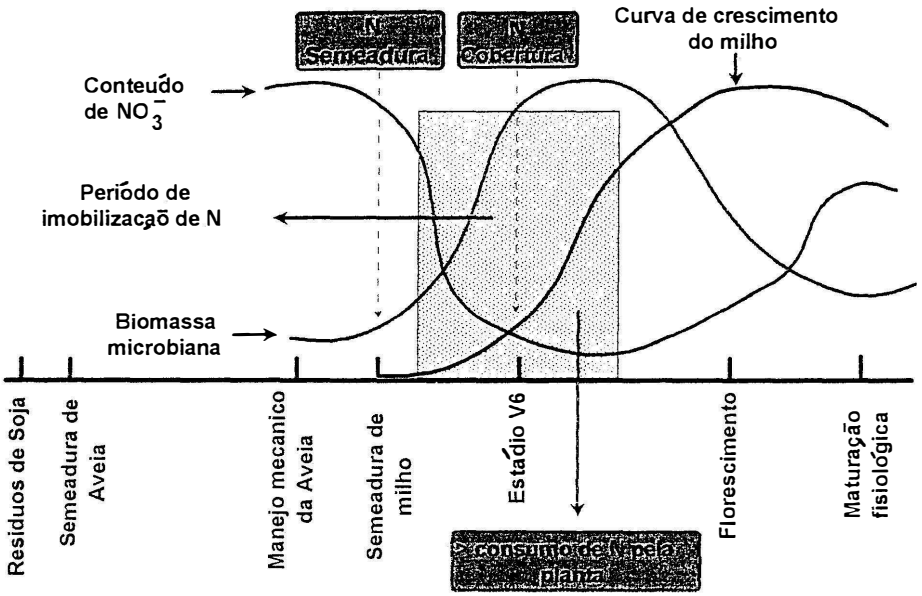


Figura 6. Esquema sugerindo as alterações no conteúdo de NO_3^- e na biomassa microbiana do solo durante o desenvolvimento da cultura de milho cultivada após aveia preta no sistema plantio direto

Em anos com boa distribuição de chuvas durante o ciclo da aveia e no desenvolvimento inicial da cultura de milho, observou-se maior liberação do N acumulado na cultura de aveia preta, coincidindo com o estádio de florescimento e neste caso, somente

a adição de N na semeadura foi suficiente para garantir 100% da produção relativa (SÁ, 1996b). Entretanto em anos com distribuição irregular, ocorre maior retenção do N sugerindo a imobilização de N pela biomassa microbiana por um período mais prolongado, onde ***o pico de imobilização de N no solo*** coincidiria com ***o pico de demanda pela planta***.

Os resultados em um latossolo vermelho-escuro, distrófico, localizado no Campo Demonstrativo e Experimental de Carambeí (Ponta Grossa), referente a um período de oito anos (tabela 3) ilustra a variação quanto a resposta à nitrogênio.

Tabela 3. Rendimento de grãos de milho em sucessão com aveia preta no período de 88/89 à 95/96, em função de doses de N em um latossolo vermelho-escuro sob plantio direto, em Carambeí-PR.

Dose de N*	Ano								Média e produção relativa
	89	90	91	92	93	94	95	96	
	kg/ha								
0	8066	6930	9095	8424	7002	8159	7339	7010	7753 (100%)
60	8782	9204	9645	9512	9262	8711	8768	8610	9062 (117%)
120	9456	9130	9611	10417	10401	10757	9950	9134	9950 (128%)
180	9535	9486	9330	10872	10235	11354	9985	8990	9973 (129%)
240	10508	9155	8883	10665	10227	11621	10248	9062	10045 (130%)
Média	9269	8781	9313	9984	9425	10120	9258	8561	

* A dose de N foi aplicada da seguinte forma: 30 kg/ha na semeadura e o restante da dose em cobertura à lanço, no estádio V6 (6 folhas), utilizando uréia como fonte de N. Números nos parênteses são referentes a produção relativa(Sá, 1996 - Adaptado).

A necessidade de nitrogênio para a cultura do milho na sucessão com a aveia preta é **superior** à sucessão com leguminosa. A discussão recai não somente sobre o rendimento de grãos, mas principalmente em relação à eficiência do sistema de produção.
Em geral, a implantação do plantio direto tem sido em áreas com elevado estado de degradação e teores de carbono bem abaixo do originalmente encontrado. Dessa forma, a preocupação em adicionar material orgânico para a formação do "mulching" sobre o solo é um fator preponderante no sucesso do sistema.

Considerando a mesma rotação com a sequência aveia preta/milho, as produções mais elevadas foram obtidas no campo experimental de Carambeí cuja a fertilidade do solo era superior as demais localidades (Figura 7). A tendência de resposta nas duas situações é linear até a dose de 120 kg/ha, constituindo-se na dose mais econômica (tabela 4).

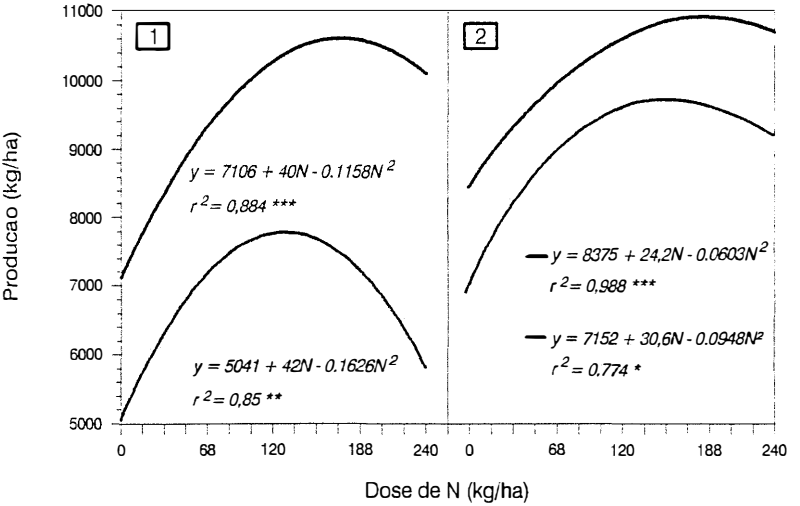


Figura 7. Comparativo da curva de resposta a nitrogênio na cultura de milho na sequência com aveia preta no período 1988/92 (1) em quatro locais e o período 1988/96 em Carambeí-PR (2). A linha vermelha e azul representa a melhor e a menor produção obtida, respectivamente.

Na fase inicial de adoção do plantio direto observa-se *maior necessidade de utilização de N devido ao processo de imobilização, em função da oferta de carbono ao sistema, proporcionando o aumento da atividade da biomassa microbiana*. A figura 8 ilustra a redução na resposta a N ao longo do tempo.

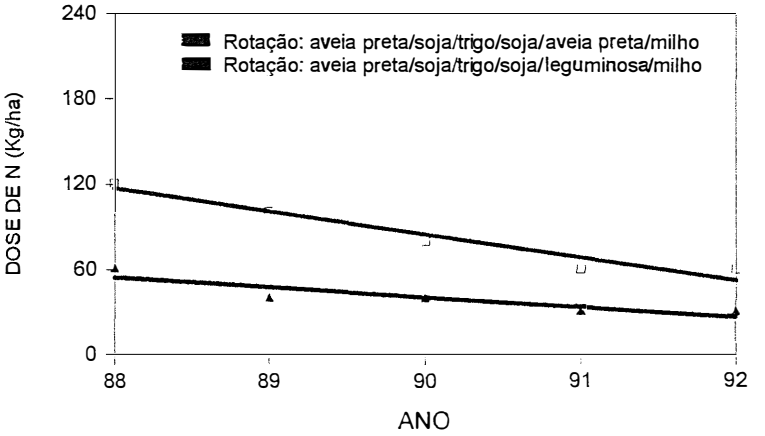


Figura 8. Tendência da resposta à N pela cultura de milho no período de 1988 a 1992.

Após o quarto ano de implantação do sistema, parece ocorrer o início do equilíbrio nas transformações que ocorrem no solo, a

medida em que a reposição dos resíduos culturais acumulam-se (SÁ, 1993).

A análise econômica da rotação com aveia preta/milho mostrou que para obter produtividades entre 9000 e 11000 kg/ha, a dose de 120 kg/ha foi satisfatória para complementar as necessidades nutricionais da planta. A tabela 4, apresenta o retorno econômico anual.

Tabela 4. Retorno econômico comparativo (R$) da cultura de milho em função de doses de N na sucessão com aveia preta em um LEd sob plantio direto no período de 88/89 à 95/96, em Carambeí, Centro-Sul do Paraná

Dose de N (kg/ha)	Ano 89	90	91	92	93	94	95	96	Média
	------ R$/ha --------								
0	---x---	---x---	---x---	---x---	---x---	---x---	---x---	---x---	---x---
60	34,7	169,6	20,3	66,9	168,4	20,5	96,5	111,3	86,0
120	65,8	135,9	- 9,9	118,0	239,8	170,4	171,5	129,3	127,8
180	45,3	139,4	- 61,5	130,1	198,1	194,8	147,2	89,9	110,4
240	102,3	83,5	- 127,6	84,0	170,1	190,6	142,7	68,5	89,2
Média	62,0	132,1	- 44,7	99,8	194,1	144,1	139,5	77,75	103,4

Indicadores: Milho (sc) = R$ 5,20 (Abril / 95 - Setor de Economia Rural); kg de N = R$ 0,455
Memória de cálculo: ((Produção de cada dose - produção da testemunha) x preço kg de milho) - custo do kg de N (Sá, 1996 - Adaptado).

Visando aumentar a eficiência do fertilizante nitrogenado na cultura de milho em um sistema de rotação sob plantio direto, cuja cultura antecessora é uma gramínea (aveia preta) foi implantado em um latossolo vermelho-escuro, distrófico (Tibagi e Carambeí - PR) e um latossolo vermelho-amarelo, distrófico (Castrolanda - PR), experimentos com o objetivo de avaliar a resposta da cultura de milho em solos sob plantio direto há longo período, à modos de aplicação de nitrogênio. Os resultados da análise química dos solos encontra-se na tabela 5.

Tabela 5. Resultados da análise química do solo (profundidade de 0-20 cm) nos três locais antes da implantação do experimento.

Locais (cm)	pH $CaCl_2$	Al^{3+}	H+Al	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^{+}	P *	C	V	Al
		---------- $mmol_c\ dm^{-3}$ ----------					($mg\ dm^{-3}$)	($g\ dm^{-3}$)	---- % ----	
Carambeí	5,1	5,0	89	43	19	2,5	17,2	24,3	42,0	7,2
Tibagi	4,9	7,0	113	55	20	3,5	7,1	20,3	41,0	8,2
Castro	4,8	9,0	87	38	23	3,8	5,1	40,3	43,7	12,2

* P extraído por Mehlich

O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso dispostos em parcelas subdivididas. A **parcela** foi constituída de doses de N (0, 30 e 60 kg/ha) na cultura de aveia preta, aplicados no sulco de semeadura e a **subparcela**, foi constituída de modos de aplicação de nitrogênio no milho (*Testemunha sem N; 30 kg/ha na semeadura + 90 kg/ha em cobertura*; *90 kg/ha no manejo da aveia preta + 30 kg/ha na semeadura;30 kg/ha na semeadura; 90 kg/ha em cobertura.* A aplicação no manejo da aveia preta foi no estádio de grão leitoso, antes da operação com o rolo faca (nos dias 15, 16 e 17/08/95, em Tibagi, Carambeí e Castrolanda,

respectivamente). A figura 9 ilustra a aplicação de N no manejo e a distribuição pluviométrica nos meses de agosto e setembro/95. A semeadura com o híbrido P 3072, foi realizada nos dias 02, 05 e 10/10/95, em Tibagi, Carambeí e Castro, respectivamente e a adubação em cobertura foi realizada na 6ª folha cuja fonte de nitrogênio utilizada foi a uréia.

O rendimento de grãos dos três locais (tabela 6), apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre si.

Tabela 6. Estratégia de adubação nitrogenada na produção de grãos de milho em rotação de culturas na em três locais na Região dos Campos Gerais, Centro-Sul do Paraná (Sá, 1996b).

N no Milho	N na Aveia Preta (kg/ha)			Média
(kg/ha)	0	30	60	N no Milho
	kg/ha			
	Carambeí			
Testemunha sem N	6101	7156	7533	**6930 a**
30 kg na Semeadura + 90 kg em cobertura	8893	9310	9477	**9227 d**
90 kg no manejo + 30 kg na Semeadura	8930	9599	9748	**9426 d**
30 kg na Semeadura	7181	7934	8327	**7814 b**
90 kg em Cobertura	8003	8798	9112	**8637 c**
Média N na Aveia Preta	**7822 a**	**8559 b**	**8839 b**	
C.V.(%) = 7.6: D.M.S (Tukey 5%) para N na aveia preta = 325: D.M.S(Tukey 5%) para N no milho = 491				
	Tibagi			
Testemunha sem N	5227	6261	-	**5744 a**
30 kg na Semeadura + 90 kg em cobertura	7122	7737	-	**7429 bc**
90 kg no manejo + 30 kg na Semeadura	7777	8142	-	**7959 c**
30 kg na Semeadura	6632	7192	-	**6912 b**
90 kg em Cobertura	6250	7117	-	**6683 b**
Média N na Aveia Preta	**6602 a**	**7290 b**	-	
C.V.(%) = 7.6: **DMS** (Tukey 5%) para N no milho = 764: **DMS** (Tukey 5%) para N na aveia = 341				
	Castro			
Testemunha sem N	4356	4918	-	**4637 a**
30 kg na Semeadura + 90 kg em cobertura	7625	7742	-	**7683 c**
90 kg no manejo + 30 kg na Semeadura	7869	7397	-	**7633 c**
30 kg na Semeadura	5627	5462	-	**5544 b**
90 kg em Cobertura	7954	7681	-	**7817 c**
Média N na Aveia Preta	**6686 a**	**6640 a**	-	
C.V.(%) = 7.6: **DMS** (Tukey 5%) para N no milho = 764: **DMS** (Tukey 5%) para N na aveia = 341				

A utilização de 30 kg/ha de N na aveia preta proporcionou o mesmo resultado que a aplicação na semeadura do milho. Isto indica que os resíduos da aveia preta apresentavam maior conteúdo de N para ciclagem no solo indicando menor período de imobilização e maior disponibilidade para a planta. O tratamento com a aplicação de todo o N até a semeadura (90 kg no manejo + 30 kg na semeadura) obteve resultado estatísticamente igual ao tratamento com parcelamento (30 kg na semeadura + 90 kg em cobertura), indicando um fluxo de N mais estável no solo e com picos de imobilização mais baixos. A figura 9 ilustra a estratégia de antecipação do N na cultura de milho após aveia preta.

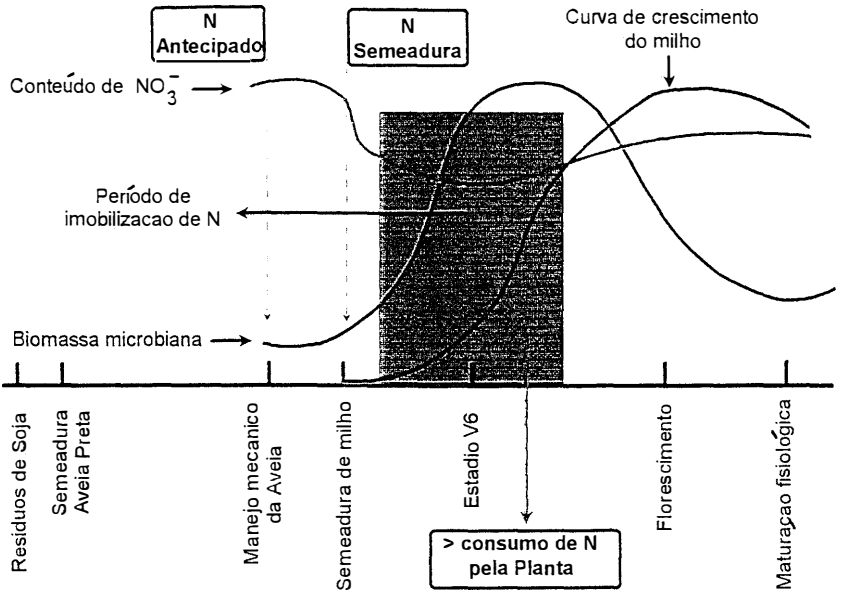


Figura 9. Esquema de aplicação de N anteciapado e alterações no conteúdo de NO3- no solo, no sistema plantio direto.

A aplicação no manejo da aveia preta aumentaria a oferta de N mineral na solução do solo e este, seria utilizado pela biomassa microbiana do solo. Neste caso, a hipótese seria a ocorrência de um fluxo mais contínuo de N no solo resultante do processo de mineralização, ou seja, maior disponibilidade para o milho. A resposta à nitrogênio pela cultura do milho no sistema plantio direto é influenciada por vários fatores, mas, principalmente em função do histórico do sistema de produção adotado.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS E ESTRATÉGIA DE ADUBAÇÃO

Conforme VICTORIA et al. (1992), a adição de quantidades elevadas de resíduos culturais com alta relação *C:N* (Aveia preta, Milho, Milheto, etc...) proporciona aos microorganismos quimiorganotróficos que atuam na decomposição da matéria orgânica tornarem-se gradativamente ativos, multiplicando-se e produzindo CO_2 em grandes quantidades. Nestas condições, o nitrato praticamente desaparece do solo, o mesmo devendo ocorrer com o amônio, se presente. Durante um certo período a cultura em desenvolvimento terá pouca ou nenhuma disponibilidade de N mineral para o seu desenvolvimento, causando um "stress" com a carência de N no sistema. Entretanto, a continuidade do processo de decomposição, diminui a relação *C:N* do solo, uma vez que o C está sendo perdido na forma de CO_2 e o N sendo conservado pela formação da massa celular microbiana. Segundo o mesmo autor, esta situação continua até que os resíduos vegetais atinjam uma relação *C:N* em torno de 20. Neste ponto, a atividade de microorganismos decompositores, pela falta de carbono facilmente oxidável, diminui gradualmente, e também a formação de CO_2. O N deixa de ser limitante para os processos microbianos, passando então, *a ocorrer a*

liberacão de N mineral. A nitrificação volta a ser ativa, produzindo nitrato em níveis superiores as condições originais.

4.1. A exigência em nitrogênio pela cultura de milho situa-se entre 14 a 20 kg para cada tonelada de grãos produzidos. As épocas de maior demanda de N pela planta é na elongação (V6) e no florescimento. Considerando esses dois pontos como referência é sugerido a seguir os seguintes critérios para definição de doses.

4.1 Plantio direto em áreas degradadas e adoção recente (3 a 4 anos):

Geralmente, nessa situação o teor de matéria orgânica encontrado tem sido muito inferior às condições originais. A utilização de culturas com elevada capacidade de produção de resíduos culturais que sejam mantidos por maior período sobre a superfície será fundamental. Considerando que a cultura principal na rotação é a soja cujos resíduos culturais são facilmente decomponíveis a introdução de aveia preta (região sul - principalmente), milheto, brachiaria, sorgo antes da cultura de milho será o meio para aumentar a matéria orgânica. Entretanto, para o carbono estabilizar-se no solo como matéria orgânica, deve existir um suprimento adequado de ***nitrogênio*** para o sistema.

Sugestão:

- Aplicar 10 a 20 % do nitrogênio a ser utilizado na cultura de milho na semeadura da aveia preta, milheto, etc., para proporcionar maior produção de fitomassa. Haverá maior produção de folhas com maior conteúdo de N que será liberado mais facilmente coincidindo com o desenvolvimento inicial da cultura de milho;
- A dose na semeadura de ser ao redor de 30 Kg/ha. Usar fórmulas com maior teor de N (10 a 15 %);
- O restante da dose deverá ser aplicada em cobertura no estádio V6. A discusão será quanto a fonte de N. A aplicação de uréia em situações de boa distribuição de chuvas é a opção mais economica, porém, em regiões onde a oscilação é grande na distribuição, a perda por volatilização pode ser elevada.

4.2 Plantio direto a longo período:

Em áreas com mais de 4 a 5 anos de adoção do sistema as opções com a adubação nitrogenada são maiores.

4.2.1 Sistema com a sequência gramínea/milho na rotação:

4.2.1.1 Solos de textura média a argilosa e sequência com aveia preta, milheto, ou outra gramínea:

- Aplicação de 30 kg/ha na semeadura ou em cobertura no estádio de perfilhamento da cultura destinada à formação de mulching;
- Aplicação antecipada do N da cobertura no manejo mecânico ou químico da cultura para formação de "mulching";
- Aplicação de 30 kg/ha no sulco de semeadura (10 cm abaixo ou 5 cm ao lado e abaixo da semente).

4.2.1.2 Solos com textura arenosa:

Em regiões onde a precipitação é muito elevada na fase inicial de desenvolvimento, a antecipação da dose de N para cobertura deve ser aplicada no momento ou logo após a semeadura, para evitar perdas por lixiviação.

4.2.2 Sistemas com leguminosa/milho ou consórcio gramínea-leguminosa/milho:

Em áreas com mais de 5 anos de plantio direto seria adequado a utilização dessa combinação com o milho para proporcionar economia de N no sistema sem prejuízo da formação de "mulching" para o plantio direto.

4.2.2.1 Leguminosa/Milho:

- Aplicação de 15 kg/ha de N na semeadura;
- Redução da dose de N destinada para cobertura em 50%. Aplicação no momento ou logo após a semeadura.

4.2.2.2 Consórcio Gramínea-Leguminosa/Milho:

- Aplicação de 30 kg/ha de N na semeadura;

♦ Aplicação antecipada da dose de N destinada para cobertura no momento da semeadura.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BLEVINS, R. L., THOMAS, G. W. e CORNELIUS, P. L. Influence of no-tillage and nitrogen fertilization on certain soil properties after 5 years of continuos corn. Agron.J., Madison, v. 69, p. 383-386, mai.-jun. 1977.

BUCHANAN, M. e KING, L. D. Carbon and phosphorus losses from decomposing crop residues in no-till and conventional till agroecosystems. Agron. J., Madison, v. 85, p. 631-638, 1993.

DERPSCH, R. Alguns resultados sobre adubação verde no Paraná. In: FUNDAÇÃO CARGILL, Adubação verde no Brasil. Campinas, 1983. p.268-279.

DERPSCH, R. & CALEGARI, A. Guia de plantas para adubação verde de inverno. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ, Londrina, documentos, IAPAR, 9, 1985. 96p.

DICK, W.A.; MCCOX, E.L.; EDWARDS, W.M. e LAL, R. Continous application of no-tillage to Ohio Soils. Agron. J., Madison, v. 83, p. 65-73, 1991.

HEINZMANN, F. X. Resíduos culturais de inverno e assimilação de nitrogênio por culturas de verão. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.20, p.1021-1030, 1985.

HOLTZ, G.P. Dinâmica da decomposiçãoda palhada e da distribuição do carbono, nitrogênio e fósforo numa rotação de culturas sob plantio direto na região de Carambeí-PR. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1995. Tese de Mestrado. 129p.

JONES, J.N., MOODY, J.E., SHEAR, G.M., MOSCHLER, W.W. e LILLARD, J.L. The No-tillage system for corn (*Zea mays L.*) Agron. J., v.60, p.17-20, 1968.

MUZZILI, O. Manejo da fertilidade do solo. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ, Londrina, Paraná, Plantio direto no Paraná, circular n.23, 243p. IAPAR, 1981. p.43-57.

MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional sobre a fertilidade da camada arável do solo. R.bras. Ci. Solo, Campinas, v.7, p.95-102, 1983.

MUZILLI, O. Fertilidade do solo em plantio direto. In: FUNDAÇÃO CARGILL, Campinas, S.P. Atualização em plantio direto. 1985. p.147-160.

MUZILLI, O. O plantio direto com alternativa no manejo e conservação do solo. In: CURSO BÁSICO PARA INSTRUTORES EM MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO, Fundação Instituto Agronômico do Paraná, Londrina, 1991. 20p.

OADES, J.M. Soil organic matter and structural stability: mechanisms and implications for management. Plant and Soil, The Hague, v.76, p.319-337, 1984.

SÁ, J.C.M. Manejo da fertilidade do solo no plantio direto. In: FUNDAÇÃO ABC, Castro-Paraná, 1993. 96p.

SÁ, J.C.M. Nitrogênio: Influência da rotação de culturas e resposta da cultura de milho em solos sob plantio direto. In: Curso sobre manejo do solo no sistema plantio direto. ed. SÁ, J.M.C., Fundação ABC, 04 à 08 de Dezembro de 1995, Anais... p.213-228. 1996. 334p.

SÁ, J.C.M. Manejo do nitrogênio na cultura do milho no sistema plantio direto. ed. Aldeia Norte Editora. Passo Fundo - RS, 1996b. 24p.

SIDIRAS, N. e PAVAN, M.A. Influencia do sistema de manejo no seu nível de fertilidade. R. bras. Ci. Solo, Campinas, v.9, p.249-254,1985.

VICTORIA, R. L., PICCOLO, M. C. & VARGAS, A. A. T. O ciclo do nitrogênio. In: MICROBIOLOGIA DO SOLO, coordenado por E.J.B.N. CARDOSO, S. M. TSAI e M. C. P. NEVES. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 360p., 1992, p:105-120.

NUTRIÇÃO E MANEJO QUÍMICO DO SOLO PARA A CULTURA DO MILHO

Godofredo César Vitti[1]
José Laércio Favarin[2]

1. INTRODUÇÃO

Embora seja alto o potencial produtivo da cultura do milho, evidenciado por produtividades de 10 e 70 t/ha respectivamente de grãos e forragem, alcançadas por produtores que adotam tecnologias adequadas, o que se observa na prática é que uma produção muito baixa, de 2,0 a 3,0 t/ha de grãos e de 10 a 45 t/ha de massa verde (COELHO & FRANÇA, 1995).

As principais causas da baixa produtividade são: a ocorrência de ervas daninhas; atraso na colheita: baixa densidade de plantio (por exemplo, a utilização de 3 a 4 plantas/m com espaçamento de 1,00m, corresponde a 30.000 plantas/ha, e caso haja produção de 1 espiga com peso médio de 150g, a produção máxima atingida é de 4500 kg/ha de grãos, enquanto que o simples aumento para 5 a 6 plantas/m, dobraria a produção); e finalmente a utilização inadequada de adubos e corretivos.

2. NUTRIÇÃO MINERAL

A fertilidade do solo é um dos principais fatores responsáveis pela baixa produtividade do milho, seja para grãos, como para produção de silagem,Esse fato se deve ao solo e à elevada capacidade extrativa da cultura (Tabela 1), combinada com a grande demanda hídrica (170 kg MS/ha/dia), fato este responsável pela baixa produtividade nas áreas de sequeiro, principalmente quando ocorre impedimentos físicos ou químicos em sub-superfície que reduzem o desenvolvimento radicular e a oferta de água. Além disso, deve-se estabelecer conceitos relativos à adubação dessa planta para ensilagem, diferentes daqueles desenvolvidos para a produção de grãos, em que existe reciclagem no sistema (VITTI & NUSSIO, 1993).

Dados de experimentos conduzidos com doses moderadas a altas de fertilizantes, dão uma idéia da extração de nutrientes pelo milho, cultivado para produção de grãos e silagem, (Tabela 1), Observa-se que a extração de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio aumenta linearmente com o aumento da produção, e que a maior exigência do milho refere-se a nitrogênio e potássio, seguindo-se cálcio, magnésio e fósforo.

Com relação aos micronutrientes, as quantidades requeridas pelas plantas de milho são muito pequenas (Tabela 2), Por exemplo, para uma produção de 9 e 6,5 t de grão e resíduos (palha) por hectare, são extraídos: 2100g de ferro, 340g de manganês, 110g de cobre, 400g de zinco, 170g de boro e 9g de molibdênio, Entretanto, a deficiência de um deles pode ter tanto efeito na desorganização de processos metabólicos quanto a deficiência de um macronutriente.

A importância do nitrogênio e do potássio é ainda maior quando o sistema de produção agrícola passa de baixas produções

[1] Professor Titular do Departamento de Ciência do Solo. ESALQ/USP, Caixa Postal 09, Piracicaba - SP, CEP: 13.418-900. E-mail: gcvitti@carpa.ciagri.usp.br.
[2] Professor do Departamento de Agricultura. ESALQ/USP, Caixa Postal 09, Piracicaba - SP, CEP: 13.418-900.

por unidade de área, para uma agricultura intensiva e tecnificada, com o uso de irrigação, Em condições de baixa produtividade, como as exigências nutricionais são menores (Tabela 1), uma modesta contribuição pelo solo, do nitrogênio e o potássio pode ser suficiente para eliminar o efeito da adubação com estes nutrientes.

Tabela 1. Extração média de nutrientes pela cultura do milho destinada à produção de grãos e silagem em diferentes níveis de produtividade.

Tipo de exportação	Produtividade t/ha	Nutrientes extraídos (kg/ha)				
		N	P	K	Ca	Mg
Grãos	3,65	77	9	83	10	10
	5,80	100	19	95	17	17
	7,87	167	33	113	27	25
	9,17	187	34	143	30	28
	10,15	217	42	157	32	33
Silagem	11,60	115	15	69	35	26
(matéria seca)	15,31	181	21	213	41	28
	17,13	230	23	271	52	31
	18,65	231	26	259	58	32

COELHO et al. (dados não publicados). citados em COELHO & FRANÇA (1995).

Na Tabela 2. adaptada de BARBER & OLSON (1968) e citados por FARIA (1986) é apresentada a capacidade extrativa da cultura do milho para uma produção de 9 t/ha de grãos e 6,5 t/ha de restos de cultura.

Tabela 2. Capacidade extrativa da cultura do milho.

Macro-nutrientes	Remoção (kg/ha)			Micro-nutrientes	Remoção (g/ha)		
	Grãos	Restos	Total		Grãos	Restos	Total
N	115	55	170	**B**	40	120	160
P	28	7	35	**Cl**	4000	68000	72000
K	35	140	175	**Cu**	20	80	100
Ca	1,3	35	36,5	**Fe**	100	1800	1900
Mg	10	29	39	**Mn**	50	250	300
S	11	8	19	**Mo**	5	3	8
				Zn	170	170	340

BARBER & OLSON (1968).

No que se refere a exportação dos nutrientes pelos grãos, o fósforo é quase todo translocado para as sementes (80 a 90%), seguindo-se o nitrogênio (75%), o enxofre (60%), o magnésio (50%), o potássio (20 - 30%) e o cálcio (10 - 15%). Isso implica que a incorporação dos restos culturais do milho devolve ao solo grande parte dos nutrientes, principalmente potássio e cálcio contidos na palhada. Devido ao comportamento diferenciado na restituição dos nutrientes da palhada deve-se atentar para que não ocorra

desequilíbrios do Ca e do K em relação ao Mg.

Quando o milho é colhido para silagem, além dos grãos, a parte vegetativa também é removida, havendo consequentemente alta extração e exportação de nutrientes (Tabela 1). Assim, problemas de fertilidade do solo se manifestarão mais cedo na produção de silagem do que na produção de grãos, principalmente quando uma mesma área for utilizada por vários anos consecutivos e não tenha sido adotado um sistema de manejo adequado. Um programa de calagem e adubação, visando a manutenção de altas produtividades, requer um monitoramento periódico do índice de fertilidade do solo, através da análise química, para se evitar o empobrecimento e/ou o desbalanço de nutrientes no solo, bem como de análises foliares para monitoramento desse programa.

Além da exigência total dos nutrientes, é importante conhecer como se processa a absorção e qual a exigência durante o ciclo da cultura (Tabela 3). Analisando esses dados, verifica-se que, durante os primeiros 30 dias, os elementos mais exigidos são K e Ca. Aos 90 dias toda a demanda da cultura por nutrientes, praticamente já foi atendida. A maior demanda de nutrientes ocorre entre 60 e 90 dias, época em que se processa o florescimento e o enchimento dos grãos (DAYNARD, 1978; WALLACE, 1980; HARRIS, 1984; JOHNSON et al., 1985; MALAVOLTA & DANTAS, 1987 e TAMAS, 1987).

O Acúmulo de matéria seca (MS) no milho ao longo do ciclo da cultura descreve uma curva sigmóide, tal como acontece com as culturas em geral. A produção de MS é pequena logo após a emergência, aumenta rapidamente daí por diante até os 40-50 dias do ciclo, torna-se uniforme aos 50-60 dias seguintes e diminui perto da maturação, Entre 30 e 100 dias depois da emergência o acúmulo de MS é praticamente linear, admitindo taxas de 75 a 200 kg MS/ha por dia em função da fertilidade presente no solo conforme apresentado na Figura 1.

Apesar da baixa produção de matéria seca até os primeiros 20 dias é coerente a preocupação com o fornecimento de maior quantidade de nitrogênio no sulco de plantio, pois sua disponibilidade depende da taxa de mineralização dos resíduos e do húmus do solo.

Tabela 3. Absorção de nutrientes em termos percentuais, durante o ciclo vegetativo do milho.

Elementos	Períodos (dias)			
	0-30	30-60	60-90	90-120
N	2,5	38,0	47,0	12,5
P	1,0	26,5	46,5	26,0
K	4,4	66,0	29,6	-13,3*
Ca	4,6	49,2	46,2	-
Mg	1,5	46,5	42,0	10,0

Fonte: MALAVOLTA & DANTAS (1987). (*) Perdas.

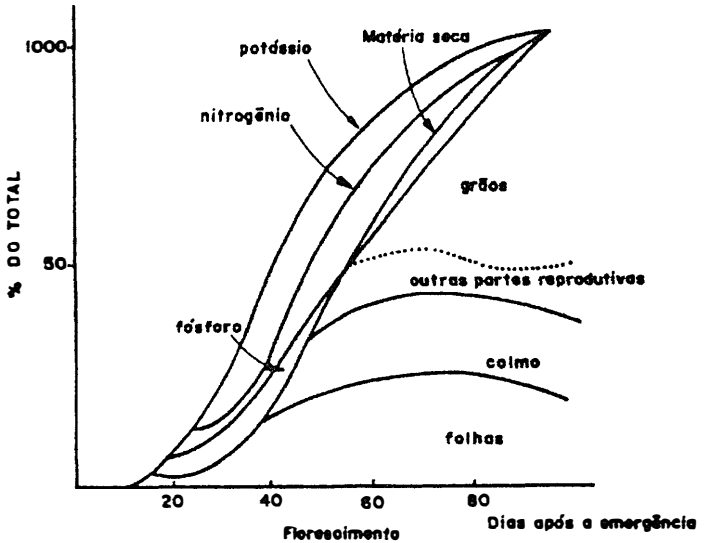


Figura 1. Acumulação de matéria seca, nitrogênio, fósforo e potássio pelo milho (MALAVOLTA, 1977).

Estudos recentes mostram que há uma tendência de ritmo semelhante de acúmulo de MS, N, Ca e S, enquanto que para o K a exigência cresce em ritmo mais acentuado e para o P o ritmo é mais lento que o acúmulo de MS. Na fração de grãos, excepcionalmente, o acúmulo de N e K continua crescente, mesmo depois da redução na taxa de acumulação de nutrientes na planta toda, demonstrando uma característica redistributiva destes nutrientes (VIEGAS & PEETEN, 1987; MALAVOLTA & DANTAS, 1987; MILHO, 1988).

Deve-se ressaltar que as perdas dos elementos observadas depois dos 80 dias deve-se principalmente à perda de folhas e lixiviação pelas chuvas.

Os micronutrientes tendem a apresentar o pico de demanda mais tardiamente em relação aos macronutrientes, demostrando uma concentração mais elevada na espiga (MALAVOLTA & DANTAS, 1987).

Os teores de macronutrientes primários, por tonelada de produto colhido, para uma produtividade normal são respectivamente de 28, 5 e 18 kg/t e 16,4 e 5 kg/t de N, P e K para plantas inteiras e grãos respectivamente, (CANTARELLA & FURLANI, 1996).

3. FUNÇÃO E SINTOMATOLOGIA DE DEFICIÊNCIA DE NUTRIENTES

* **Nitrogênio** - como constituinte de moléculas de proteínas, enzimas, coenzimas, ácidos nucléicos e citocromos, além de sua importante função como integrante da molécula de clorofila, o nitrogênio é um dos nutrientes que apresentam os efeitos mais espetaculares no aumento da produção de grãos na cultura do milho (BÜLL, 1993). Fundamentalmente o nitrogênio participa da formação da proteína do grão. Os principais sintomas de deficiência desse nutriente são amarelecimento da ponta para a base em

forma de "V" invertido, colmos finos e encurvamento da espiga.

* **Fósforo** - participa basicamente do metabolismo do amido. Sua deficiência ocasiona folhas com tonalidades verde escuro, seguido de tons arroxeados, devido ao acúmulo de pigmento purpúreo (antocianina).

* **Potássio** - é fundamental na produção de grãos e na resistência da planta à seca, acamamento, pragas e doenças. A deficiência de potássio, ocasiona folhas com clorose e necrose na margem e ponta das folhas; espiga menor com ponta encurvada e menor resistência ao acamamento.

* **Cálcio** - está diretamente relacionado com a manutenção da integridade da membrana, formação da parede celular, divisão celular e principalmente com a formação de raízes. Em condições severas de deficiência de cálcio, as folhas mais novas não chegam a desenrolar, ficando com os bordos dilacerados.

* **Magnésio** - participa da molécula de clorofila. A sua deficiência ocasiona amarelecimento nas margens e depois entre as nervuras das folhas mais velhas, dando o aspecto de estrias.

* **Enxofre** - participa da formação da proteína do grão, através dos aminoácidos, metionina, cistina, cisteína e triptofano. A sua deficiência ocasiona clorose das folhas mais novas.

* **Zinco** - está relacionado principalmente com a formação do ácido indol acético (AIA). Os principais sintomas de deficiência são plantas menores com internódios curtos e manchas largas e esbranquiçadas nas folhas mais novas.

Quanto aos demais micronutrientes praticamente não se tem observado respostas consistentes à aplicação dos mesmos na cultura do milho (BÜLL, 1993), entretanto é preciso atentar para áreas de plantio direto, que tem demonstrado em vários locais, deficiências de micronutrientes, principalmente de manganês, bem como em áreas de solos muito arenosos, como de Barreiras-BA, onde tem ocorrido deficiência de cobre. Além disso outro micronutriente, provável de respostas em altas produtividades (altas doses de nitrogênio) é o boro, o qual cuja deficiência ocasiona menor desenvolvimento de espigas, além de falhas na granação.

4. DIAGNOSE FOLIAR

É utilizada para a diagnose foliar a folha inteira oposta e abaixo da primeira espiga (superior), excluída a nervura central, coletada por ocasião do aparecimento da inflorescência feminina (COELHO & FRANÇA, 1995), ou segundo RAIJ & CANTARELLA (1996), recomendam o terço central da folha da base da espiga, na fase de pendoamento (50% das plantas pendoadas).

Os teores foliares de macro e micronutrientes considerados adequados para culturas produtivas de milho, compiladas por BÜLL (1993) e os citados por RAIJ & CANTARELLA (1996) estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Teores foliares de nutrientes considerados adequados para a cultura do milho

Macronutrientes (g/kg)					
N	**P**	**K**	**Ca**	**Mg**	**S**
(1)27,5-32,5	1,9-3,5	17,5-29,7	2,3-4,0	1,5-4,0	1,5-2,1
(2) 27-35	1,9-4,0	17-35	3-10	1,5-5,0	1,5-3,0
Micronutrientes (mg/kg)					
B	**Cu**	**Fe**	**Mn**	**Mo**	**Zn**
(1) 15-20	6-20	50-250	42-150	0,15-0,20	15-50
(2) 7-25	6-20	21-250	20-200	0,15-0,20	15-100

(1) BÜLL (1993). (2) RAIJ & CANTARELLA (1996)

5. RECOMENDAÇÃO DE CALAGEM E ADUBAÇÃO

5.1 Calagem

Dois são os principais critérios de calagem utilizados para a cultura do milho, conforme citado em COELHO & FRANÇA (1995).

5.1.1 Método do alumínio e cálcio + magnésio trocáveis

A necessidade de calagem (NC), para se corrigir a camada de 0-20cm, é calculada com base na seguinte fórmula:

$$NC = Y \times Al + [X - (Ca + Mg)] = t \text{ calcário/ha (PRNT = 100\%)}$$

O valor Y é variável em função da textura do solo, sendo:

Y = valor 1, para solos arenosos (< 15% de argila); valor 2, para solos de textura média (15 a 35% de argila) e valor 3, para solos argilosos (> 35% de argila).

O valor de X para a cultura do milho é 2,0.

5.1.2 Método de saturação por bases

Aplica-se o calcário para elevar a saturação por bases a 70% e o magnésio a um teor mínimo de 5 $mmol_c/dm^3$. Em solos com teores de matéria orgânica acima de $100g/dm^3$, basta elevar a saturação por bases a 50% (RAIJ & CANTARELLA, 1996).

Além dos teores absolutos de Ca e Mg do solo, bem como dos teores de K, é de fundamental importância, observar o equilíbrio entre os cátions, através da participação na T do solo (Ca % T = 45 a 50; Mg % T = 12 a 15 e K % T = 3 a 5) e da relação Ca/Mg = 3 a 5. É importante ressaltar a maior habilidade do milho na absorção de cátions monovalentes (K^+), revelando a importância do equilíbrio na relação Mg/K.

5.2 Gessagem

Uma primeira aproximação como base para tomada de decisão para o uso do gesso agrícola, recomenda-se sua aplicação, quando as camadas sub-superficiais do solo apresentarem as seguintes características: Ca < 3 $mmol_c/dm^3$ e/ou Al > 5 $mmol_c/dm^3$ e/ou saturação por Al da CTC efetiva (m%) for maior que 30% (CFSEMG, 1989).

Constatada essas características das camadas sub-superficiais, sugere-se as seguintes doses.

5.2.1 CFSEMG (1989)

- solos arenosos (< 15% argila) = 0,5 t/ha
- solos de textura média (15 a 35% argila) = 1,0 t/ha
- solos argilosos (36 a 60% argila) = 1,5 t/ha
- solos muito argilosos (> 60% argila) = 2,0 t/ha

5.2.2 SOUZA et al. (1996)

NG (t/ha) = 5O x argila (%)

É importante ressaltar que a ação benéfica do gesso agrícola se manifesta principalmente em Latossolos e Areias Quartzosas.

5.3 Adubação N-P_2O_5-K_2O-S

* **Nitrogênio** - os altos índices de produtividade encontrados em países desenvolvidos, estão relacionados ao emprego de altas doses de N nas culturas. É comum encontrar-se dados médios de doses de N na ordem de 200-300 kg/ha nas regiões tradicionais de produção de milho nos Estados Unidos e Europa (TAMAS, 1976 a RHOADS et al., 1984). Para o Estado de São Paulo, levantamentos tem mostrado que o N, é aplicado na ordem de 60 kg/ha, sendo parte no plantio e o restante em cobertura. Em agricultura irrigada, onde prevalece o uso de alta tecnologia, para obtenção de altas produtividades esta recomendação é insuficiente, sendo necessário, doses de nitrogênio variando de 100 a 200 kg/ha. Estudos no Canadá, mostraram que o ponto de equilíbrio foi encontrado com doses de 125 kg/ha ano. A cultura extraiu 114, 124 e 133 kg/ha de N, respectivamente com doses aplicadas de 90, 130 e 180 kg/ha de N, conforme pode ser observado na Figura 2.

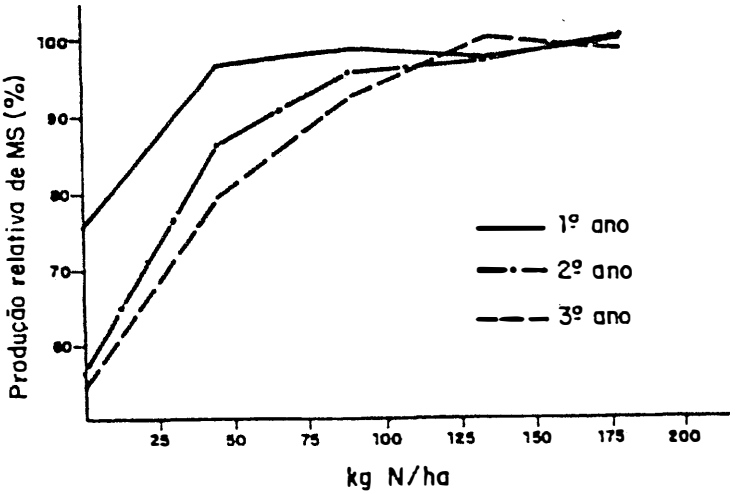


Figura 2. Efeito de repetidas doses de N durante 3 anos na produção de silagem de milho (WHITE, 1978)

Para se estimar a adubação nitrogenada a ser aplicada em cobertura deve-se levar em consideração os seguintes parâmetros: **a)** Produtividade esperada, a concentração de N na planta, considerada como adequado para produção máxima está na faixa de 1% (GROVE et al., 1980 e COELHO et al., 1992). Assim para a produtividade de 16t de massa seca/ha, equivalente a 9 t de grãos/ha, a planta retira do solo em torno de 160 kg/ha de N. Em linhas gerais, conforme citado em VITTI & NUSSIO (1993), 1 kg de N equivale à produção de 40 a 50 kg de grãos ou 100 kg/ha de matéria seca, assim, pode-se sugerir a aplicação de 120 a 150 kg/ha de N; **b)** Quantidade de N que o solo é capaz de fornecer para a cultura. Em termos médios, os solos tropicais fornecem cerca de 60 a 80 kg/ha de N (GROVE, 1979 e COELHO et al., 1992), quantidade suficiente para produzir 6 a 8 t de massa seca/ha (3 a 4 t de grãos/ha); **c)** Eficiência de aproveitamento dos fertilizantes nitrogenados pelas plantas; Dados realizados por COELHO et al.,(1991), indicam que, em média, 50 a 60% do N, aplicado como uréia, foram aproveitados pelas plantas.

Com o conhecimento desses parâmentros (COELHO & FRANÇA, 1995), associadas as informações sobre: histórico da área, cultivares, práticas culturais utilizadas, níveis de P, K, S e de micronutrientes, é possível estimar a adubação nitrogenada em cobertura a ser aplicada. Assim, por exemplo, para uma produtividade esperada de 16t de massa seca (9 t/ha de grãos) em solo com capacidade de suprir 60 kg/ha de N e uma eficiência de aproveitamento do fertilizante de 60%, é necessária uma adubação na ordem de 160 kg/ha de N, concordando praticamente com a dose superior de N (150 kg/ha) citada anteriormente por VITTI & NUSSIO (1993).

Quanto a época de aplicação da adubação nitrogenada, tem-se normalmente utilizada de 10 a 15% N do total recomendado no sulco de plantio, enquanto que o parcelamento da adubação em cobertura, pode ser feito em uma, duas ou três aplicações, conforme sugerido por COELHO & FRANÇA, (1995) e apresentado na Tabela 5.

Tabela 5. Sugestões para a aplicação parcelada de nitrogênio na cultura do milho.

Classe textural do solo	Doses de N	Número de folhas totalmente expandidas			
		4-6	7-8	8-10	10-12
Argilosa (36 a 60% argila)	60 a 150[1]		100%		
	> 150	50%		50%	
Média (15 a 35% de argila)	60 a 100[1]		100%		
	> 100	50%		50%	
Arenosa (< 15% de argila)	60 a 100	50%		50%	
	> 100	40%		40%	20%

[1] Se as plantas apresentarem sintomas de deficiência, pode-se fazer uma aplicação suplementar de nitrogênio em período anterior ao indicado.

Para as condições do Estado de São Paulo, RAIJ & CANTARELLA (1997) recomendam a adubação nitrogenada de plantio na faixa de 10 a 30 kg/ha de N de acordo com a produtividade esperada, bem como a adubação mineral de cobertura na faixa de 10 a 140 kg/ha de N, de acordo com a produtividade esperada e a classe de resposta a nitrogênio, conforme dados apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Adubação nitrogenada de plantio e de cobertura para milho grão e silagem.

Produtividade esperada (t/ha)	N plantio	N cobertura (kg/ha)		
		1-Alta	2-Média	3-Baixa(*)
2-4	10	40	20	10
4-6	20	60	40	20
6-8	20	100	70	40
8-10	30	120	90	50
10-12	30	140	110	70

(*) Classe de resposta a nitrogênio, apresentados por RAIJ & CANTARELLA (1996).

Quanto ao parcelamento da adubação em cobertura recomendam a aplicação com 6 a 8 folhas totalmente desdobradas (25-30 dias após a germinação), em quantidades até 80 kg/ha de N, e o restante cerca de 15-20 dias após, bem como citam que em áreas irrigadas, o N pode ser parcelado em três ou mais vezes até o florescimento, e aplicado com a água de irrigação.

Por outro lado, no sistema de plantio direto. SÁ (1996) sugere a aplicação de 90 kg/ha de nitrogênio, antes do manejo químico da cobertura de inverno e no plantio (30 kg/ha de N). Uma comparação entre o método acima citado e a aplicação tradicional de 30 kg/ha de N no plantio e 90 kg/ha na cobertura, as produções médias obtidas, foram respectivamente de 7429 e 7959 kg/ha, bem como gerou uma economia na mão de obra, pois a aplicação antecipada do insumo substituiu aquela que seria feita quando a planta apresentasse aproximadamente seis folhas. Sugere-se que este novo procedimento quanto a época de fornecimento do nitrogênio seja avaliado em diferentes regiões para melhor estimar sua eficiência, uma vez que a mesma apresenta mudança radical em termos do comportamento do nitrogênio no solo e de épocas de sua maior demanda pela cultura.

* **Fósforo** - É indispensável o estabelecimento de condições que suportem o uso de N em doses mais elevadas. Assim, a análise do solo é fundamental para discriminar respostas do milho à adubação fosfatada, bem como o potencial de produção da cultura na região e o nível de tecnologia utilizada pelos agricultores. Com base na proposta de altas produtividades deve-se procurar instituir como níveis mínimos iniciais no solo, teores de P em torno de 15mg/dm^3 (extraído pela resina), tendo

como objetivo geral, dentro da concepção de alta produtividade, atingindo teores de 30 a 40 mg/dm^3 de P (resina), conforme citado em VITTI & NUSSIO (1993).

COELHO & FRANÇA (1995) citam as quantidades de P recomendadas na adubação do milho em função do teor do nutriente no solo e da classe textural, conforme apresentado na Tabela 7.

Tabela 7. Interpretação das classes de teores de fósforo no solo e doses de P_2O_5 recomendadas para o milho.

Classe textural do solo[1]	Extrator de Fósforo	Classes de teor (ppm) de fósforo no solo		
		Baixo	Médio	Alto
Argilosa (36 a 60%)	Mehlich 1	< 5	6 a 10	> 10
Média (15 a 35%)	Mehlich 1	< 10	11 a 20	> 20
Arenosa (< 15%)	Mehlich 1	< 20	21 a 30	> 30
	Resina	< 15	16 a 40	> 40
Doses de P_2O_5 recomendadas (kg/ha)		80 a 110	50 a 70	30 a 60

[1] Percentagem de argila.

Esses autores também recomendam quando o solo apresentar teores de P no nível crítico, proceder a adubação de manutenção, ou seja, a reposição anual da quantidade removida no produto colhido, considerando que para cada tonelada de grãos produzida são exportados 10 kg/ha de P_2O_5, aplicando-se o mesmo valor para a produção de forragem.

RAIJ & CANTARELLA (1997) recomendam para o Estado de São Paulo doses de P_2O_5 levando-se em consideração os teores de P revelados pela análise de solo, bem como a produtividade esperada, conforme dados apresentados na Tabela 8.

Tabela 8. Adubação fosfatada de plantio de milho para grãos e silagem.

Produtividade esperada	P - resina (mg/dm^3)			
	0-6	7-15	16-40	> 40
t/ha	P_2O_5 (kg/ha)			
2-4	60	40	30	20
4-6	80	60	40	30
6-8	90	70	50	30
8-10	(*)	90	60	40
10-12	(*)	100	70	50

(*) Improvável a obtenção de altas produtividades de milho em solos com teores muito baixos de P, independentemente da dose de fertilizante empregada.

*** Potássio** - O K é depois do N o nutriente mais absorvido pela cultura do milho, sendo que 20% são exportados nos grãos. Além dos efeitos do K na produção de grãos e na produção e qualidade da silagem, vários trabalhos tem mostrado efeitos desse nutriente na resistência à acamamento da planta, pela maior rigidez da base do colmo, Deve-se prestar atenção especial à sucessão de culturas exigentes em K, como é o caso da aveia forrageira sucedida por milho ou sorgo.

O potássio é um nutriente decisivo na produção de silagem, pois quando deficientes em K as plantas apresentam-se geralmente folhas amareladas e secamento prematuro das folhas basais, e portanto em estádio de maturação fisiológica aquém do desejado, resultando em silagem úmida e de baixa qualidade. O aspecto externo do secamento

das folhas, tem levado o produtor a antecipar o momento da colheita pela falsa impressão visual causada. Plantas bem nutridas permanecem com praticamente todos seus pares de folhas verdes, mesmo as basais, até o momento correto da ensilagem (VITTI & NUSSIO, 1993). Outro aspecto importante é a interação positiva entre o N e o K_2O, no que diz respeito não só à produção de grãos, mas também a outros parâmetros como qualidade do produto colhido, eficiência na utilização dos nutrientes, resistência à doenças, ao acamamento, e bom desenvolvimento do colmo, órgão de reserva, de onde será drenado os nutrientes quando do enchimento de grãos. COELHO & FRANÇA (1995) apresentam na Tabela 9. as quantidades de K_2O recomendadas na adubação do milho para produção de grãos e forragem, em função do teor do nutriente no solo.

Tabela 9. Recomendação de adubação potássica para a cultura do milho, com base na análise do solo. (COELHO & FRANÇA, 1995).

Classes de teor no solo	K no solo	Doses de K_2O recomendadas (kg/ha)	
	meq/100 cm^3	milho-grão	milho forragem
Muito baixa	< 0,07	90-120	150-180
Baixa	0,08 - 0,15	60-90	120-150
Média	0,16 - 0,30	30-60	60-120
Alta[1]	> 0,30	30	60

[1] Quando o milho for destinado à produção de grãos, a adubação potássica pode ser dispensada, a critério técnico.

Por outro lado, RAIJ & CANTARELLA (1996) recomendam a seguinte adubação potássica para o plantio de milho para grãos e silagem, levando-se em consideração a produtividade esperada e o teor de K da análise de solo, conforme dados da Tebela 10.

Tabela 10. Adubação potássica de plantio de milho para grãos e silagem, (RAIJ & CANTARELLA, 1996).

Produtividade esperada (t/ha)	K^+ trocável ($mmol_c/dm^3$)			
	0-0,7	0.8-1,5	1,6-3,0	> 3,0
grãos M.S.	---------- K_2O (kg/ha)[*] ----------			
2-4 -	50	40	30	0
4-6 (4-8)	50 (60)	50 (60)	40 (40)	20 (20)
6-8 (8-12)	50 (60)	50 (60)	50 (60)	30 (40)
8-10 (12-16)	50 (60)	50 (60)	50 (60)	40 (60)
10-12 (16-20)	50 (60)	50 (60)	50 (60)	50 (60)

[*] Para evitar excesso de sais no sulco de plantio, a adubação potássica para doses maiores que 50 kg/ha de K_2O deverá ser parcelada, prevendo-se a aplicação em cobertura.

Quanto ao parcelamento e época de aplicação da adubação potássica, COELHO & FRANÇA (1995) citam que a aplicação parcelada do K_2O pode ser feita nas seguintes situações: a) solos altamente deficientes nesse nutriente, em que são necessárias altas doses de fertilizantes e b) quando o milho for cultivado para produção de forragem, em que normalmente são necessárias doses mais altas de K devido a maior exportação desse nutriente. Entretanto, RAIJ & CANTARELLA (1996), além dos teores de K no solo, levam em consideração também a

produtividade esperada, conforme apresentado na Tabela 11.

Tabela 11. Doses recomendadas de K_2O em cobertura para a cultura do milho (grãos e silagem) em função da produtividade esperada e dos teores de K no solo.

Produtividade esperada (t/ha)	K^+ trocável ($mmol_c/dm^3$)			
	0 - 0,7	0,8 - 1,5	1,6 - 3,0	> 3,0
grãos silagem	K_2O (kg/ha)			
2-4	0	0	0	
4-6 (4-8)	20 (20)	0 (0)	0 (0)	(0)
6-8 (8-12)	60 (60)	20 (20)	0 (0)	(0)
8-10 (12-16)	90[(1)] (100)[1]	60 (60)	20 (40)	(0)
10-12 (16-20)	110[(1)] (160)[1]	80[(1)] (100)[1]	40 (60)	(20)

[(1)] Em solos argilosos, o K aplicado em cobertura pode não ser eficiente. Assim principalmente nesses solos, quando os teores de K forem muito baixos ou baixos (< 1,5 $mmol_c/dm^3$) e as doses recomendadas em cobertura, iguais ou superiores a 80 kg/ha de K_2O para milho grãos e 100 kg/ha K_2O para milho silagem, é aconselhável transferir a adubação potássica de cobertura para a fase de pré-plantio, aplicando o fertilizante a lanço e incorporando-o ao solo. Nesse caso, acrescentar mais 20 kg/ha de K_2O à dose recomendada.

Essa prática da aplicação de potássio à lanço, numa operação denominada de potassagem, foi sugerida por VITTI & NUSSIO (1993) visando elevar a porcentagem de K na CTC, para um valor de cerca de 4%. Assim, num solo com CTC = 7,0 a necessidade de KCl foi de 300 kg/ha para elevar o K%T de 1,0 para 4,0.

Quanto a época de aplicação, o K_2O deve ser fornecido juntamente com a primeira cobertura de N, no máximo 30 dias após a germinação, para que não haja prejuízos na produção.

*** Enxofre** - A deficiência de enxofre, além de afetar a produtividade do milho, também irá afetar negativamente a qualidade da silagem, pois irá promover redução no conteúdo de aminoácidos essenciais (metionina e cistina), redução na taxa de síntese de proteínas e aumento na quantidade de nitratos e de componentes orgânicos e inorgânicos solúveis de N (SPENCER, 1959).

As necessidades de fornecimento de S poderão ser satisfeitas desde que seja fornecido pelo menos uma vez no programa regular de adubação, seja através de uma fonte de N (sulfato de amônio = 24% S), ou de P_2O_5 (superfosfato simples = 12% S, ou multifosfato magnesiano com 4,2 a 8,0% S dependendo do tipo do MFM e da dose utilizada). No caso em que nenhum dos adubos utilizados contenham enxofre, pode-se empregar o gesso agrícola (15 a 16% S) em doses correpondentes ao fornecimento de 20 kg/ha S (para produtividades de até 6 t/ha de grãos) e 40 kg/ha de S (para produtividades maiores).

*** Zinco** - É no Brasil o micronutriente que mais limita a produção do milho. As principais causas da deficiência de Zn são baixos teores no material de origem do solo, excesso de calagem e de adubação fosfatada, entre outros.

Com relação à métodos de extração e interpretação da análise de solo, COELHO & FRANÇA (1995) citam que respostas à adubação com zinco são frequentemente obtidas quando o teor desse micronutriente no solo for inferior a 1,0 ppm pelo extrator Mehlich 1, recomendando doses de 2,0 a 4,0 kg/ha de Zn, RAIJ & CANTARELLA (1996) recomendam aplicar 4,0 kg/ha de Zn em solos com teores de Zn (DTPA) inferiores a 0,6 mg/dm^3 e 2,0 kg/ha de Zn quando os teores estiverem entre 0,6 e 1,2 mg/dm^3.

Além da aplicação de uma fonte de Zn no sulco de plantio (óxidos silicatados ou sais), pode ser também interessante a

aplicação de Zn via semente, principalmente devido à utilização de adubos na forma de mistura de grânulos, que pode resultar na segregação desse micronutriente, embora hoje é possível a incorporação do zinco no mesmo grânulo do adubo fosfatado. É importante ressaltar que quando do uso de produtos via semente, verificar sua compatibilidade com defensivos aplicados conjuntamente; assim, tem-se verificado incompatibilidade de certos produtos com Furadan. Atualmente é disponível no mercado produtos para tratamento de sementes contendo micronutrientes em sua composição.

Quanto a resultados referentes à métodos de aplicação desse nutriente na cultura do milho. GALRÃO (1994), verificou maior eficiência da aplicação das maiores doses de zinco à lanço incorporado ao solo e da pulverização foliar, entretanto, a aplicação via semente, também mostrou-se eficiente na produção de grãos, conforme dados apresentados na Tabela 12. É importante ressaltar que no caso do tratamento via foliar, o autor não cita o volume de solução por unidade de área.

Tabela 12. Fontes, doses e métodos de aplicação de zinco na cultura do milho em Latossolo Vermelho Escuro, Planaltina - DF.

Fontes de Zinco	Doses de Zinco kg/ha	Método de aplicação	Zinco no solo ppm	Produção de grãos kg/ha
Sulfato de zinco	0,4	a lanço	0,9	5.478
Sulfato de zinco	0,4	no sulco	0,4	4.913
Sulfato de zinco	1,2	a lanço	1,2	7.365
Sulfato de zinco	1,2	no sulco	1,0	5.598
Sulfato de zinco	3,6	a lanço	1,6	7.408
Óxido de zinco	0,8	nas sementes	0,4	6.156
Sulfato de zinco	1 %	via foliar - 2x	0,4	7.187
Sulfato de zinco	1 %	via foliar - 3x	0,4	7.187
Testemunha	-	-	0,3	3.880

adaptada de GALRÃO (1994).

*** Manganês** - A situação normal é a ocorrência de excesso de manganês em nossos solos, principalmente em condições de acidez excessiva. Entretanto, com a tendência atual do aumento do uso do calcário e sua incorporação muito superficial, principalmente em sistemas de plantio direto, tem ocorrido em algumas lavouras, problemas de deficiência de Mn (COELHO & FRANÇA, 1995). Assim, recomenda-se observar atentamente o desenvolvimento da cultura e havendo ocorrência de sintomas visuais de sua deficiência, proceder a aplicação foliar, na forma de sais ou de um produto quelatizado, uma vez que é baixa a recuperação do manganês aplicado ao solo, com consequente impacto sobre o custo de produção. A boa eficiência da aplicação foliar induz a utilização desse método como alternativa de fornecimento do nutriente para atender as necessidades das diferentes espécies (CASTRO, 1997). Na Tabela 13 são apresentados resultados da correção da deficiência de Mn, pela sua aplicação foliar.

Tabela 13. Efeito de doses e número de aplicações foliares de manganês em diferentes estádios de desenvolvimento do milho. na produção de grãos.

Doses de Manganês[1]	Época de aplicação		Produção de grãos	Peso da espiga
	4 folhas	8 folhas		
(kg/ha)	(nº de aplicações)		(kg/ha)	(g)
0,0	-	-	2.210	89
0,6	1	-	5.100	143
1,1	1	-	5.330	144
0,6	-	1	6.030	168
1,1	-	1	6.690	182
0,6	1	1	8.230	218
1,1	1	1	8.400	211

Fonte: adaptada de MASCAGNI J.R. & COX (1984).

Analisando os dados da Tabela 13 observa-se que duas aplicações foliares de sulfato de manganês nas doses de 0,6 kg/ha de Mn, na época de 4 e 6 folhas promoveram aumentos na produção de grãos de cerca de 270%, em relação à testemunha (sem manganês), bem como resultou em maior peso de espiga (MASCAGNI & COX, 1984).

Em sistemas de alta produtividade, invariavelmente a dose de nitrogênio é elevada, podendo intensificar a deficiência dos micronutrientes metálicos (Fe^{++}, Mn^{++}, Cu^{++} e Zn^{++}) pela alcanização que ocorre na rizosfera devido a absorção de NO_3^- e liberação de OH^- pelas raízes. Além disso há o efeito de diluição na planta, incluindo nesse caso também o boro.

O uso de altas doses de fósforo, diminui também a disponibilidade de Mn^{++} e Zn^{++} , pela precipitação desses cátions pelo $H_2PO_4^-$ no solo, sendo que no caso do Zn^{++} a mesma ocorre inclusive nos vasos condutores do xilema da raiz resultando em deficiência foliar, revelando a importância da análise foliar em conjunto com a análise de solo para detectar este fenômeno.

Deve-se consiederar que a aplicação incorreta de calcário reduz a disponibilidade de micronutrientes metálicos, seja pela maior adsorção ou precipitação, bem como pela lixiviação do boro na forma de $H_2BO_3^-$. No sistema de plantio direto é importante ressaltar a complexação de cátions metálicos, principalmente Cu^{++}, pelo maior teor de matéria orgânica.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Cada vez mais o agricultor deve ter uma visão sistêmica do processo produtivo e gerenciar com competência os fatores físicos, humanos e econômicos, encarando a fazenda a nível empresarial.

Das variáveis que influenciam na rentabilidade da atividade como: custo, produtividade e preço, a única que o agricultor tem controle maior é sobre os custos.

O preço da comoditie milho é influenciado pelo mercado e também pelas interferências do governo em função do controle do preço da alimentação básica. Assim, não se deve padronizar comportamentos, mas agir em função da realidade, buscando constantemente mais eficiência e redução dos custos. Do exposto a adubação pode em um ano visar apenas a manutenção da fertilidade, e em outros, até elevá-la obviamente que a quantidade e o custo são diferentes.

Por outro lado, a eficiência dessa operação depende de muitos fatores, sendo a época de aplicação aquela que a cultura terá maior probabilidade de responder com aumento na produção.

7. RESULTADOS PRÁTICOS OBTIDOS DE CORREÇÃO E ADUBAÇÃO NA CULTURA DO MILHO

Resultados Práticos de Correção e Adubação na Cultura do Milho

FAZENDA MATÃO

Histórico

1. Município : Araras / S.P.

2. Textura do solo : 60 % argila

3. Tratamento de sementes :

3.1) Produto : FUTUR (250 g Zn O. 2 g B. 10 g Mo / l)

3.2) Dose : 300 ml / 20 Kg semente

3.3) Nutrientes (g/ha) : 37.0 Zn. 3.0 Mo e 0.6 B

I - Ano agrícola 95 / 96 (Plantio Direto)

Áreas	Ca/T	Mg/T	K/T	V	P	K	Recomendação (kg/ha)			Produção
	%				mg/dm^3	mmolc/dm^3	N	P_2O_5	K_2O	(kg/ha)
1	44	10	6	60	43	6,1	(0+157)	63	0	
2	45	15	3	63	31	3,8	(15+138)	75	30	7100
3	44	11	3	58	41	3,9	(15+138)	75	30	

Rotação : milho (94 / 95); mato + milho (95 / 96)

Critérios :
(1) Produção Relativa
(2) Exportação (16 Kg N, 9Kg P2O5, 6 Kg K_2O)
(3) Produção esperada : 8 ton./ha

II - Ano agrícola 96/97 (Plantio Direto)

Áreas	Ca/T	Mg/T	K/T	V	P	K	Recomendação (kg/ha)			Produção
	%				mg/dm^3	mmolc/dm^3	N	P_2O_5	K_2O	(kg/ha)
1	52	14	3	69	75	3,8	(30+100)	60	50	8700
2*	40	14	1,6	56	30	1,7	(30+100)	70	65+(90)	7325
3	49	13	3	66	93	4,9	(30+100)	60	50	7950

Rotação : milho (94 / 95); mato + milho (95 / 96); mato + milho (96 / 97) e feijão + mato + milho (97 / 98)

K/T = 3% (desejado) - K/T = 1,6 % (atual) = 90 Kg de K_2O/ha

Fonte: GEA - Grupo de Experimentação Agrícola - Departamento de Agricultura - ESALQ/USP

FAZENDA MATÃO

Fontes, Doses e Épocas de Aplicação de Nutrientes

Áreas	Produto	Dose	N			P_2O_5	K_2O			S	Zn	B	Cu	Mn
			P[2]	C1[3]	C2[4]		PP[1]	P[2]	C1[3]					
		kg/ha												
1	FOSMAG 472	400	28	30	81	56	-	18	30	26	2,4	0,8	0,8	0,8
2	FOSMAG 472	500	35	30	65	70	90	35	30	32	3	1	1	1
3	FOSMAG 472	400	28	30	81	56	-	30	26	2,4	0,8	0,8	0,8	
Total de Nutrientes (kg/ha)			130-140			56-70	58-155							

1 pré-plantio; 2 plantio; 3 C1 = 20 - 00 - 20; 4 C2 = Uréia

Resultados de Análise Foliar

Áreas	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g/kg					mg/kg					
1	33,4	4,2	24,7	4,2	1,9	1,9	2	6	301	63	31
2	29,5	3,6	19,2	4,7	3,9	1,8	6	9	341	57	37
3	32,3	3,7	23,6	3,4	2	1,9	3	3	363	49	19

Fonte: GEA - Grupo de Experimentação Agrícola - Departamento de Agricultura - ESALQ/USP

FAZENDA AURÉLIA

Histórico

1. Município: Pirassununga

2. Proprietária: Maria Iraci Cabianca Ramos

Resultado das Análises Químicas - Ano Agrícola 95 / 96

pH	MO	P	S-SO_4	K	Ca	Mg	Al	H + Al	SB
$CaCl_2$	g / dm^3	mg / dm3		mmolc / dm^3					
5,5	16	10	13	3,8	39,5	9,75	0	18	53

Resultados das Análises de Micronutrientes

B	Cu	Fe	Mn	Zn	Na
mg / Kg					
0,6	1,65	11	1,31	1,11	5,1

Manejo Químico do Solo

a) Plantio: 335 Kg / ha de 4 - 30 - 10 (13 Kg N, 100 Kg P_2O_5, 34 Kg K_2O, 1,34 Kg Zn / ha)

b) Primeira Cobertura : Sulfato de Amônio - 105 Kg / ha (21 Kg N, 25 Kg S / ha)

c) Segunda Cobertura : Uréia 110 Kg / ha (50 Kg / ha)

TOTAL : 84 Kg N - 100 Kg P_2O_5 - 34 Kg K_2O - 25 Kg S - 1,34 Kg Zn / ha)

Produção Obtida: 8560 Kg /ha

8. BIBLIOGRAFIA CITADA

BARBER, S.A & OSLON, R.A Fertilizer use in corn. In: DINAUER. R.C. (Ed.) **Changing patterns in fertilizer use**. SSSA Madison. USA. 1986. P. 163-188.

BULL, L.T. Nutrição mineral do milho. In: Cultura do Milho: fatores que afetam a produtividade. BULL, L.T. e CANTARELLA, H. (Ed.). Piracicaba. Potafos: 63-131p. 1993.

CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van & CAMARGO, C.E. OLIVEIRA de. 13. Cereais. In: Boletim Técnico, 100 (RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A & FURLANI, A M.C. (Ed.) Instituto Agronômico. Campinas. 1996. p.43-47.

CASTRO, J.R. Micronutrientes: fatores que afetam a disponibilidade e a absorção, e respostas das culturas. In: Curso sobre Aspectos Básicos de Fertilidade e Microbiologia do Solo no Sistema Plantio Direto. Passo Fundo. Aldeia Norte Editora. 11-20p. 1997.

COELHO, A M. & FRANÇA, G.E. de. Seja o doutor do seu milho. Arquivo do Agrônomo. nº 2. Informações Agronômicas nº 71. Setembro. 1995. p.1-24.

COELHO, AM.; FRANÇA, G.E. de; BAHIA Fº., A F.C.; GUEDES, G.A A Doses e métodos de aplicação de fertilizantes nitrogenados na cultura do milho sob irrigação. **Rev. bras. Ci. Solo**. Campinas. 16(2):61-7. 1992.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 4ª. aproximação. LOPES, A S. e GUIMARÃES, P.T.G. (Coord.). Lavras. 1989. 176p.

DAYNARD, T.B. Practices affecting quality and preservation of whole-plant corn silage. *Can. J. Plant Sci.. 58:651-659. 1978.*

FARIA, V.P. Técnicas de produção de silagem. Anais do Congresso Brasileiro de Pastagens. 1986. p. 79-144. FEALQ/Piracicaba.

GALRÃO, E.Z. Métodos de correção da deficiência de zinco para o cultivo de milho num Latossolo Vermelho - Escuro sob cerrado. **Rev. bras. Ci. Solo. 18**(2):225-260. 1994.

GROVE, L.T. Nitrogen fertility in oxisols and ultissols of the humid tropics. New York. Cornell University. 1979. 27p. (Cornell International Agricultural Bulletim. 36).

GROVE, L.T.; RITCHEY, K.D.; NADERMAN, J.R.; G.C.. Nitrogen fertilization of maize on oxisol of the cerrado of Brasil. **Agronomy Journal**. Madison. **27**(2):261-5. 1980.

HARRIS, J.G. Silage management in Queensland. Queensland Department of primary industries: Information series. 1984. Ed. Leigh Wishart - Smith.

JOHNSON, J.C.; MONSON, W.G.; PETTIGREEN, N.T. Variation in nutritive value of corn hybrids for silage. *Nutrition Re. Int.*. 32(4):953-8. 1985.

MALAVOLTA, E. Nutrição e adubação do milho e do sorgo. Disciplina de Nutrição e Adubação de Plantas Cultivadas. Curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal - FCAV/UNESP. Jaboticabal. 1977. 4p. (mimiografado).

MALAVOLTA, E. & DANTAS, J.P. Nutrição e adubação do milho. melhoramento e produção do milho. Fundação Cargill. 2:539-93. 1987.

MASCAGNI, J.R. & COX, F.R. Diagnosis and correction of manganese deficiency in corn. **Comunications in Science Plant Analysis**. New York. 15(11):1323-33. 1984.

MILHO. Projeto de produtividade agrícola. Petrofértil Fertilizantes (2). 1988.

RAIJ, B. van & CANTARELLA, H. 13.7 Milho para grãos e silagens. In: Boletim Técnico. 100. RAIJ. B. van. CANTARELLA. H.; QUAGGIO. J.ª & FURLANI. A M.C. (Ed.). Instituto Agronômico. Campinas. 1996. p.56-59.

RHOADES, F.M. & STANLEY, Jr.. R.L. Yield and nutrient utilization efficiency of irrigated corn. **Agronomy J.**. 76:219-23. 1984.

SÁ, J.C.M. de... Manejo de nitrogênio na cultura de milho no sistema plantio direto. Aldeia Norte Editora Ltda. 1996. 24p

SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E.; REIN. T.A Uso de gesso agricola nos solos dos cerrados. Planaltina: EMBRAPA-CPAC. 1996. 20p. (EMBRAPA-CPAC. Circular Técnica. 32).

SPENCER, K. Growth and chemical composition of while clover as affected by sulphur suplly. *Australian J. of Agric.*. Res.. Melbourne. 10:500-9. 1959.

TAMAS, L. Effect of climatic and agronomic factors on the dry matter and crude-protein yields an annual fodder crops. Analele Institutului de Cercetari pentri cereali si plante tehnice (Romênia). 41:325-31. 1976.

VIÉGAS, G.P. & PEETEN. H. Sistemas de produção. Melhoramento e produção do milho. Fundação Cargill. 2:451-538. 1987.

VITTI, G.C. & NUSSIO. L.G. Correção do solo e adubação de culturas de milho e sorgo de alta produtividade para ensilagem. In: Anais do 4º Simpósio sobre Nutrição de Bovinos. Piracicaba. FEALQ. 1991. p.1-58.

WALLACE, A Evaluation of interaction in a factorial greenhouse experiement with corn grown with combinations of N. P. K e S. fertilizers. *J. of Plant Nutrition*. 13(3):399-409. 1980.

WHITE, R.P. Cultural practices affecting maturity and yield of corn (*Zea mays* L.) for whole-plant silage in short-season areas. Com. *J. Plant Sci.*. 58:629-642. 1978.

MANEJO DO NITROGÊNIO NA CULTURA DE MILHO

Tsuioshi Yamada[1]

1. INTRODUÇÃO

Dados estatísticos da CONAB/DIPLA de fevereiro/97 mostram que a produtividade do milho na região Centro-Sul do Brasil na presente safra aumentou em 16,1% em relação à do ano passado, com uma média de 3.518 kg/ha. Acredito que a tendência de aumento na produtividade vá continuar nos anos vindouros, forçada pela globalização da economia e pelo caráter empresarial da agricultura da região.

Felizmente temos tecnologia para maiores produtividades. No Estado de São Paulo, Lister F. Bernardes colheu 16.058 kg de milho/ha em 1988. E nos concursos conduzidos pela maioria das empresas de milho, produtividades da ordem de 9 a 12 t/ha são atingidas.

Considerando-se a importância da adubação nitrogenada para busca de alta produtividade, o presente trabalho procurará discorrer sobre quando, quanto e como aplicar o N na cultura do milho.

2. EXTRAÇÃO E EXPORTAÇÃO DE NUTRIENTES

Na Tabela 1, de BÜLL (1993), observa-se que, apesar de absorvido quase na mesma quantidade que o potássio, devido ao seu elevado teor nos grãos, o nitrogênio é o nutriente mais exportado pela cultura do milho, ou seja, dos 190 kg de N/ha absorvidos, 129 kg de N/ha são exportados através dos 9.100 kg de grãos/ha, ou seja, ao redor de 15 kg de N/tonelada de grãos.

No caso da produção de silagem de milho, em que toda a parte aérea da cultura é utilizada, é óbvio que o total de N exportado é maior que no caso da produção de grãos. O potássio, apesar de exportado em quantidade relativamente pequena através dos grãos, é absorvido em grande quantidade: 196 kg de K/ha ou 235 kg de K_2O/ha para produtividade de 9,1 t/ha. Isto significa que se a planta conseguisse absorver todo o K da camada de 0-20 cm de profundidade, este solo deveria conter no mínimo 98 ppm de K para atender esta demanda. Sabemos que este teor de K no solo pode ser comum nos solos argilosos do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, mas é pouco comum nas regiões do cerrado onde se espera grande ampliação da área plantada nos anos vindouros.

Dos macronutrientes absorvidos, os maiores percentuais exportados via grãos são para o fósforo, o nitrogênio e o enxofre. Já para os micronutrientes, são o molibdênio e o zinco.

É interessante observar a importância da rotação milho-soja não só pelo aspecto do controle de pragas e doenças proporcionado pela rotação, como também pela complementaridade na prática da adubação destas duas culturas.

Assim, é comum o agricultor plantar o milho com 400 kg/ha de 05-20-20 na semeadura mais uma adubação de cobertura com 200 kg/ha de 20-00-20, colhendo 6.000 kg/ha. No ano seguinte planta a soja com 400 kg/ha de 00-16-16 colhendo 3.000 kg/ha. O balanço de nutrientes na Tabela 2 é quase auto-explicativo do que se observa na prática, ou seja, após a cultura do milho em geral se tem uma boa safra de soja. Isto porque a cultura de milho em geral adubada com pouco nitrogênio não manifesta todo seu potencial genético. Ao produzir pouco, deixa bastante potássio residual no solo, nutriente este de vital importância para a cultura da soja. Por sua vez, a soja propicia um acúmulo de nitrogênio que é aproveitado pela cultura do

[1] Doutor em Agronomia. Diretor da POTAFOS. Piracicaba-SP.

milho, conforme se observa na Tabela 3, de GALLO et al. (1983).

Tabela 1. Quantidade de macro e micronutrientes absorvida e exportada nos grãos pela cultura do milho de média e alta produtividades (BÜLL 1993)

nutriente	rendimento (t grãos/ha)			
	5,9[1]		9,1[2]	
	Absorção (kg/ha)	Exportação (kg/t)	Absorção (kg/ha)	Exportação (kg/t)
Nitrogênio (N)	163	22,6	190	14,2
Fósforo (P)	28	4,7	39	3,4
Potássio (K)	96	6,5	196	4,3
Cálcio (Ca)	20	0,1	40	0,1
Magnésio (Mg)	38	1,8	44	1,2
Enxofre (S)	16	2,1	21	1,3
Cloro (Cl)	-	-	81	0,5
	(g/ha)	(g/t)	(g/ha)	(g/t)
Ferro (Fe)	1.226	29,2	2.110	12,1
Manganês (Mn)	465	16,1	340	6,6
Cobre (Cu)	122	3,9	110	2,2
Zinco (Zn)	329	36,2	400	22,0
Boro (B)	-	-	170	4,4
Molibdênio (Mo)	-	-	9	0,7

[1] Cálculos feitos a partir de dados originais de Andrade et al. (1975), citados por BÜLL (1993).
[2] Phillips & Lessman (1972), citados por GAMBOA (1980).

Tabela 2 Balanço de nutrientes na rotação milho-soja.

Milho: 6.000 kg/ha			
Adubação	N	P_2O_5	K_2O
semeadura: 400 kg/ha 05-20-20	20	80	80
cobertura: 200 kg/ha 20-00-20	40	00	40
	+ 60	+ 80	+ 120
Exportação[(1)]: 6.000 kg/ha	- 135	- 65	- 47
Balanço	- 75	+ 15	+ 73
Soja: 3.000 kg/ha			
Adubação			
semeadura: 400 kg/ha 00-16-16	00	64	64
Exportação[(2)]: 3.000 kg/ha	- 176	- 19	- 67
Balanço	- 176	+ 45	- 3

[(1)] Exportações de N, P_2O_5 e K_2O para milho calculados pela Tabela 1, para milho com produtividade de 5,9 t/ha;
[(2)] Exportações de N, P_2O_5 e K_2O para soja calculados com dados de TANAKA et al. (1994).

Tabela 3. Produção de grãos de milho após cultivos anteriores de soja (GALLO et al., 1983).

Doses de N	Anos anteriores de cultivo com soja				
	0	3	4	5	Média
(kg/ha)	rendimento de grãos (kg/ha)				
0	4.374 a	5.896 a	7.571 a	7.010 a	6.212
30	4.961 ab	7.152 b	7.369 a	7.382 a	6.716
60	6.608 b	7.057 b	7.746 a	7.918 a	7.332
Média	5.314	6.702	7.562	7.436	

3. MANEJO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA

3.1 O nitrogênio no sistema solo-planta-atmosfera

O nitrogênio, apesar de macronutriente, ou seja, é absorvido pelas plantas em grande quantidade, não tem ainda um critério definitivo de recomendação através da análise do solo. A maioria das recomendações baseia-se na expectativa da produção e no teor de matéria orgânica do solo. Tais recomendações são fundamentadas na hipótese de que a matéria orgânica irá liberar o nitrogênio em tempo hábil para utilização pelas plantas, juntamente com o N fornecido pelos fertilizantes, cobrindo, assim, as necessidades para a colheita esperada.

No solo, o nitrogênio encontra-se nas formas: orgânica (matéria orgânica do solo e resíduos de culturas), mineral (na solução do solo e adsorvido às argilas) e gasosa (nos poros do solo). A passagem de uma forma para outra se dá principalmente através da atividade microbiológica.

O balanço do nitrogênio no sistema solo-planta-atmosfera é dado pela diferença (DN) entre ganhos e perdas do sistema:

$$DN = \text{ganhos} - \text{perdas} \quad (1)$$

onde os ganhos de N são provenientes de: adubação nitrogenada, mineralização da matéria orgânica, fixação biológica e chuvas; e as perdas de N são ocasionadas por: extração pelas culturas, volatilização, lixiviação, erosão e imobilização biológica (Figura 1). Assim, quanto maior DN, maior será a disponibilidade de N para a nutrição das plantas; contudo, maior serão também os riscos de perdas.

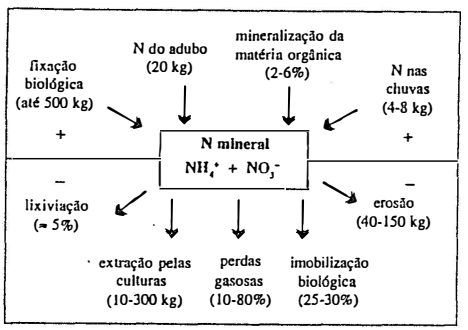


Figura 1. Adições e perdas de N mineral do solo.

De uma maneira geral, a literatura mostra que o milho exporta ao redor de 15-25 kg de N em cada tonelada de grãos colhida. Assim, deve-se repor, no mínimo, esta mesma quantidade para que não haja empobrecimento do solo.

3.2 Quanto aplicar?

No Seminário sobre Fisiologia da Produção e Manejo de Água e de Nutrientes na Cultura do Milho de Alta Produtividade, realizado em Piracicaba-SP, em 11-12/04/96, Dr. David Mengel, da Universidade de Purdue, West Lafayette, IN, mostrou-nos o cálculo para a definição da dose de adubação nitrogenada que leva em consideração a necessidade da cultura, o fornecimento pelo

solo em função da cultura anterior e a eficiência da utilização do N (Tabela 4).

Tabela 4. Balanço médio do N na cultura do milho nos EUA.

Necessidade da cultura para produzir	
Grãos, 10.000 kg/ha x 1,4% de N	= 140 kg +
Palhada, 10.000 kg/ha x 1,1% de N	= 110 kg
Total	250 kg/ha
Fornecimento pelo solo	
3% M.O. do solo; 20 kg de N por 1% M.O.	= 60 kg +
Resíduo da cultura, 30% do N da palhada (40 kg)	= 33 kg
Total	= 93 kg/ha
Necessidade via adubação	
N = (250 - 93) ÷ 0,75*	= 210 kg/ha

* fator de eficiência do N = 75%.

Na Tabela 4 está exemplificada a necessidade da dose de 210 kg de N/ha, para uma cultura de milho após milho, numa produtividade esperada de 10.000 kg de grãos/ha (mais 10.000 kg/ha de palha com 1,1% de N), num solo com 3% de matéria orgânica. No caso do milho após soja, desconta-se 30 a 40 kg de N/ha, que é o crédito do N deixado no solo pela cultura da soja. Assim, no exemplo da Tabela 4, caso a cultura do milho fosse após a cultura da soja, a dose de N recomendada para uma produtividade esperada de 10.000 kg de grãos de milho por hectare seria de 170-180 kg de N/ha (210 - 30 ou 40).

As recomendações de adubação de um modo geral são bem coerentes ao recomendar ao redor de 15-20 kg de N por tonelada de grãos produzida, que é para, pelo menos, repor o N exportado pelos grãos. Assim, para uma produtividade esperada de 10 t/ha observa-se recomendações ao redor de 150-200 kg de N/ha. Nunca é demais relembrar que sem a devida adubação nitrogenada é impossível atingir a produtividade esperada mesmo que tenhamos todos os outros nutrientes na faixa adequada. Dos nutrientes de planta, o nitrogênio tem papel vital na produtividade do milho.

Uma vez definida a dose do nitrogênio, é importante aplicá-lo de maneira correta e na época precisa, caso contrário nem sempre as plantas farão o melhor uso deste valioso nutriente.

3.3 Como aplicar?

Nas condições brasileiras, parte do nitrogênio é aplicada por ocasião da semeadura do milho, 5 cm ao lado e 5 cm abaixo da semente, e o restante em 1-2 coberturas, em geral na superfície do solo, após a emergência das plantas.

Das fontes de nitrogênio encontradas no comércio para as aplicações em cobertura, a uréia em geral é a mais barata e encontrada em maior disponibilidade no mercado brasileiro. É um ótimo fertilizante, com comprovada ação, principalmente se incorporada no solo a 5-10 cm de profundidade, onde a perda por volatilização é praticamente nula.

Pesquisas realizadas no país mostram perdas variando de 20% a mais de 70% quando a uréia é aplicada em superfície. Os maiores valores ocorrem na aplicação superficial da uréia em sistema de plantio direto.

A aplicação de cobertura nitrogenada a lanço pode causar ainda danos foliares, pela ação dos adubos nas folhas, conforme relatado por OLIVEIRA (1995), que utilizou milho em plantio direto sobre resteva de aveia e adubado com 250 kg/ha da fórmula 04-20-20 na semeadura e com cobertura nitrogenada de

120 kg de N/ha, parcelada em duas vezes: 1/3 da dose aos 25 dias e a dose restante aos 40 dias após a emergência. O autor observou que a aplicação de sulfato de amônio incorporado ao solo apresentou melhor rendimento de grãos e maior peso de grãos por espiga. No entanto, devido à maior rapidez da aplicação a lanço, este é o método de distribuição de N preferido pelos agricultores (Tabela 5). O autor justifica a maior produção com o sulfato de amônio localizado (+ 24,6%), em relação à aplicação a lanço, principalmente pela ausência de contato do fertilizante com as folhas da planta. E que, na aplicação a lanço, o adubo que fica aderido à folha ou ao cartucho de milho, seja a uréia ou o sulfato de amônio, provocava a "queima" na borda da folha, diminuindo, assim, a área e a capacidade fotossintética da planta.

Tabela 5. Rendimento de grãos, peso de grãos/espiga de milho híbrido C-901 e tempo de aplicação, em função da adubação de cobertura com uréia e sulfato de amônio aplicado a lanço ou incorporado ao solo (OLIVEIRA, 1995).

Tratamentos	Rendimento de grãos[1] (kg/ha)	Peso de grãos/espiga (g)	Tempo de aplicação (min/ha)
Uréia/lanço	5.270	131,8	7:07
Sulfato de amônio/lanço	5.640	140,9	7:42
Sulfato de amônio/incorporado	7.030	175,8	21:28

[1] População de 40.000 plantas/ha e peso corrigido para 13% de umidade do grão.

Além da justificativa de OLIVEIRA (1995) da ausência da queima foliar na aplicação localizada de nitrogênio, acredito não ser temerário acrescentar duas mais para esta melhor resposta: (1) ao concentrar nitrogênio, a diminuição da relação C/N poderia favorecer a mineralização liberando, pois, mais nitrogênio no solo e (2) este nitrogênio liberado poderia favorecer um melhor desenvolvimento do sistema radicular da planta em profundidade. A primeira hipótese é bastante conhecida de todos e muito referendada na literatura científica. A segunda hipótese é corroborada por várias citações de MARSCHNER (1995), onde, em resumo, mostram que: (1) o desenvolvimento radicular é maior nas áreas com maiores teores de nutrientes; (2) destes, o nitrogênio foi o mais eficiente, principalmente nas espécies anuais, onde a densidade radicular é aumentada rapidamente e em várias vezes nas áreas com altas concentrações; (3) há um risco potencial em se ter alta disponibilidade de nitrogênio apenas na camada superficial onde se concentrariam as raízes, às expensas de maior penetração em profundidade, onde o maior suprimento de água poderia conferir às plantas maior resistência ao estresse hídrico.

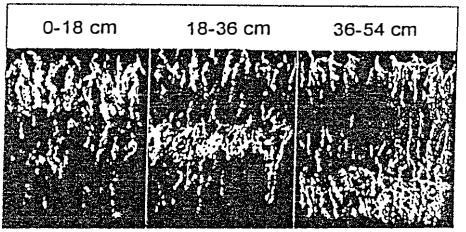


Figura 2. Efeito da localização do fertilizante nitrogenado em diferentes profundidades do solo na distribuição de raízes de cevada desenvolvendo-se em um solo arenoso (Gliemeroth, 1953, citado por MARSCHNER, 1995).

A Figura 2, de Gliemeroth (1953), citado por MARSCHNER (1995), permite-nos uma reflexão sobre o possível efeito que o nitrogênio em profundidade poderia ter na resistência das plantas ao veranico, principalmente no cerrado brasileiro. Não seria uma interessante hipótese a ser pesquisada?

O fertilizante nitrogenado, dependendo das fontes, quando aplicado em doses elevadas e muito perto das sementes, traz, no entanto, problemas de salinidade ou de toxidez de amônia. Para as condições da Carolina do Norte, EUA, ZUBLENA & ANDERSON (1994) recomendam, para aplicação dentro de um raio de 5 cm de distância da semente, que a dose máxima de N + K_2O não deve exceder a 80 kg/ha.

Lavouras de trigo, no Estado do Paraná, adubadas com uréia na dose de 70 kg de N/ha na semeadura, apresentaram sintomas de fitotoxicidade (João Carlos de Moraes Sá, informação pessoal).

3.4 Quando aplicar?

Tudo indica que quando aplicar é a questão de maior importância na obtenção de respostas à adubação nitrogenada. Tanto nos experimentos de pesquisa como na prática dos agricultores, devido ao temor às perdas por lixiviação, é regra a aplicação de uma pequena dose de N na semeadura, reservando-se a maior porção do N para aplicação em 1-2 coberturas, após 30-45 dias da emergência das sementes, às vezes mais tarde ainda. Estas coberturas não estariam sendo feitas tarde demais? As curvas de absorção mostram que mesmo nos híbridos de ciclo longo a fase de maior absorção de nitrogênio ocorre entre 30 e 60 dias após a emergência. Considerando que o nitrogênio aplicado no solo é retido primeiro pelos microrganismos que existem aos bilhões mesmo num pequeno fragmento de solo, enquanto todo o sistema radicular não ocupa mais que 3% do volume de poros do solo, dá para perceber que as raízes não são páreo para os microrganismos na captação de N. Assim, há um intervalo de tempo, que pode ser, às vezes, de 2-3 semanas, ou mais, entre a aplicação de N e a sua liberação pelos microrganismos na solução do solo, o que poderia ocasionar um déficit de N no período de maior necessidade de absorção de N pela planta, principalmente quando se faz coberturas nitrogenadas tardias e se aplica pouco nitrogênio na semeadura.

RITCHIE et al. (1993), de Iowa State University, afirmam que, apesar de pequenas as exigências nutricionais do milho no seu estádio inicial de desenvolvimento, altas concentrações de nutrientes na zona radicular são benéficas na promoção de um bom arranque inicial da planta. Neste período ocorrem as diferenciações das várias partes da planta, que começam a se desenvolver. Mesmo que a quantidade de nutrientes absorvida seja relativamente pequena, o tamanho final das folhas, espiga e outras partes da planta dependem em grande parte de um adequado suprimento de nutrientes durante este estádio inicial de desenvolvimento da cultura.

A afirmativa de RITCHIE et al. (1993) coincide com nossas observações em lavouras que receberam 30-50 kg de N/ha na adubação de semeadura. Em geral, estas apresentam melhor desenvolvimento inicial e maior produção que as lavouras adubadas com os tradicionais 10-15 kg de N/ha, na semeadura.

Reinaldo Ribeiro Senedese, Engenheiro Agrônomo da Ciba Sementes, observou em campo de demonstração realizado na propriedade do Sr. Manoel Simões, em Alfenas-MG, com o híbrido G-85, densidade de 50.000 plantas/ha, que: (1) com a mesma adubação nitrogenada total (N na semeadura + N em cobertura) de 120 kg/ha, a produção aumentou de 9.036 kg para 11.094 kg de grãos/ha, ou acréscimo de 2.058 kg de grãos/ha, com o aumento da dose de N em cobertura de 15 para 35 kg de N/ha, e respectiva redução do N em cobertura de 115 para 85 kg de N/ha; (2) o aumento da dose de N na adubação de semeadura favoreceu uma melhor resposta à adubação potássica, que aumentou de 128 para 723 kg de grãos (Tabela 6).

Tabela 6. Resposta do milho ao aumento da adubação nitrogenada na semeadura, com e sem adubação potassica de cobertura.

Adubação de semeadura	Adubação de cobertura[1]	rendimento de grãos	Aumento no rendimento	Resposta a K
$N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$	$N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$			
kg/ha				
15-100-100	105-00-00	9.036	-	-
15-100-100	105-00-40	9.164	128	128
35-100-100	85-00-00	11.094	2.058	-
35-100-100	85-00-40	11.817	2.781	723

[1] 1ª. cobertura no estádio V5 (5 folhas completamente abertas) com 1/3 do N e todo o K; 2/3 restantes aplicados no estádio V10 (10 folhas completamente abertas).
Fonte: Reinaldo Ribeiro Senedese, Ciba Sementes, Guaxupé-MG. Fone: (035) 551-1374.

Pesquisa realizada pela Fundação MT/POTAFOS na propriedade das Sementes Petrovina, em Rondonópolis-MT, com o milho híbrido BR-205, mostrou que a principal resposta foi para a dose de 32 kg de N/ha aplicada na semeadura. Nesta dose de N na semeadura não se observou resposta à adição de 90 kg de N/ha tanto na superfície como com incorporação (Tabela 7). Como a cobertura foi realizada 30 dias após a emergência, fica a questão: foi feita tarde demais?

Tabela 7 Respostas do milho às adubações nitrogenadas na semeadura e em cobertura.

N-semeadura	N-cobertura		Peso de grãos
kg/ha	kg/ha	Método	kg/ha
00	00	-	5.576 c
16	00	-	5.630 c
16	90	incorporado	5.902 bc
16	90	superfície	6.079 abc
32	00	-	6.652 ab
32	90	incorporado	6.237 abc
32	90	superfície	6.722 a

Em um LEd há 8 anos sob plantio direto em Ponta Grossa-PR, na região dos Campos Gerais, o Prof. João Carlos de Moraes Sá (Fone: 042-225-2121), estudando o efeito de diferentes modos de aplicação de uréia na cultura do milho em plantio direto sob aveia preta, observou, entre outros efeitos, que: (1) não houve diferença na produção de grãos de milho entre a aplicação a lanço de 90 kg de N/ha na forma de uréia feita antes da semeadura do milho, por ocasião do secamento da aveia preta, em pé, no estádio de grão leitoso, e a cobertura a lanço, em pós-semeadura, no estádio V6 do milho; (2) houve resposta na produção do milho com o N aplicado na aveia preta que antecedeu ao milho (Tabela 8). Estes resultados abrem um leque de opções aos agricultores quanto à época da adubação nitrogenada, tais como: (1) adubar a aveia preta com nitrogênio na semeadura e descontar esta dose na adubação do milho; (2) aplicar o N por ocasião do rolamento da aveia (de preferência incorporado ao solo e não a lanço); (3) aplicar parte do N na semeadura e parte em cobertura, como é feito convencionalmente.

A possibilidade de se aplicar a cobertura nitrogenada antes ou depois da semeadura, com bons resultados, foi constatada por Jorge Luiz Knebel, em pesquisa conjunta CETA-COOPAVEL/POTAFOS, realizada em Cascavel-PR. O híbrido utilizado foi o Tecnus, da Ciba Sementes, adubado na semeadura com 30, 90 e 30 kg/ha de N, P_2O_5 e K_2O, respectivamente, aplicados 5 cm abaixo e 5 cm ao lado da semente. A complementação da adubação restante de 120 kg de N/ha e 60 kg de K_2O/ha foi feita através dos diferentes tratamentos descritos na Tabela 9, dando a dose total de 150, 90 e 90 kg/ha de N, P_2O_5, K_2O, respectivamente. Estatisticamente, não houve diferença significativa entre os tratamentos, mostrando a igualdade de respostas tanto para a aplicação N-K em pré-semeadura ou pós-semeadura, incorporada ou em superfície. No entanto, a aplicação antes da semeadura mostrou uma tendência de melhor resultado.

Tabela 8. Estratégia de adubação nitrogenada na cultura do milho em rotação de culturas em um LEd há 8 anos sob plantio direto em Ponta Grossa-PR, Região dos Campos Gerais, Centro Sul do Paraná.

Adubação N-uréia no milho	N-uréia na aveia preta (kg/ha) 0 30 60			Média
N (kg/ha)	Grãos (kg/ha)			
Testemunha sem N	6.101	7.156	7.533	6.930 a
30 (base) + 90 (cobertura)	8.893	9.310	9.477	9.227 d
90 (aveia) + 30 (base)	8.930	9.599	9.748	9.426 d
30 (base)	7.181	7.934	8.327	7.814 b
90 (cobertura)	8.003	8.798	9.112	8.637 c
Média	7.822 a	8.559 b	8.839 b	-

Fonte: João Carlos de Moraes Sá (1996).

Tabela 9. Respostas do milho a épocas e modo de aplicação da adubação NK.

tratamentos	rendimento (kg/ha)
60-0-60 com adubadora de soja (40 cm entre sulcos) antes da semeadura + 60-0-0 (uréia) 30 DAP, com incorporação	9.926 a
120-0-60 com adubadora de soja (40 cm entre sulcos) antes da semeadura	9.877 a
120-0-60, entre 4 e 8 folhas, sem incorporação	9.610 a
60-0-60 aos 30 DAP + 60-0-0 aos 45 DAP, com incorporação	9.591 a
120-0-60, entre 4 e 8 folhas, com incorporação	9.542 a

Adubação de semeadura: 30-90-30. Híbrido Tecnus.
Fonte: Jorge Luiz Knebel. CETA-COOPAVEL (1996). Fone/fax: (045) 6487.

No ano agrícola 1996/97 foi realizado um novo experimento com adubação nitrogenada no milho com o Engº Agrº Jorge Luiz Knebel, na CETA-COOPAVEL, em conjunto com a POTAFOS. O híbrido utilizado foi o Star, da Ciba Sementes. Em todos os tratamentos aplicou-se 80 kg de P_2O_5/ha na forma de superfosfato simples e 40 kg de K_2O/ha na semeadura mais 40 kg de K_2O/ha na 1ª cobertura (estádio de 4 folhas) na forma de cloreto de potássio. Foram testadas doses crescentes de N na forma de uréia (0, 30, 45, 60 e 90 kg de N/ha) na semeadura e doses de 45, 60 e 90 kg de N/ha na forma de uréia em cobertura, sendo a dose de 90 kg de N/ha aplicada em 1 e 2 parcelamentos. Não se observou resposta significativa estatisticamente pelo teste de Duncan (5%), conforme Tabela 10. O solo onde foi instalado o experimento tinha 4,5%

de matéria orgânica na camada de 0-10 cm e 3,6% de matéria orgânica na camada de 10-20 cm, o que poderia explicar parcialmente a falta de resposta à adubação nitrogenada. No entanto, é de se esperar que outros fatores, além do N, estariam afetando a produtividade, que não atingiu 7 t/ha, quando no experimento realizado na mesma localidade foram obtidos até 9.926 kg/ha.

Tabela 10. Respostas do milho à doses de N na semeadura e em cobertura.

tratamento	N (kg/ha)			rendimento
	semeadura	1ª cobertura	2ª cobertura	(kg/ha)
T1	0	0	0	6.308
T2	30	0	0	6.481
T3	30	60	0	6.702
T4	30	90	0	6.413
T5	30	45	45	6.451
T6	45	0	0	6.852
T7	45	45	0	6.812
T8	60	0	0	6.761
T9	60	60	0	6.547
T10	90	0	0	6.779

4. COMENTÁRIOS FINAIS

1. Altas produtividade necessitam paralelamente de um adequado e balanceado suprimento de nutrientes à cultura.

2. Na prática, um dos nutrientes mais negligenciados na adubação é o S, para o qual RAIJ & CANTARELLA (1996) recomendam 20 kg de S/ha para metas de produtividade de até 6 t/ha de grãos e 40 kg de S/ha para produtividades maiores.

3. Produtividades da ordem de 10 t de grãos/ha absorvem mais de 200 kg de K/ha e é preciso verificar se o solo e a adubação potássica serão capazes de fornecer estas quantidades.

4. O efeito positivo do molibdênio aplicado via foliar aos 15 dias após a emergência na dosagem de 90 $g.ha^{-1}$ de Mo, na forma de molibdato de sódio, com aumento de 14,3% na produtividade é citado por ARAÚJO et al. (1996). Creio que é uma aplicação que deveria entrar na rotina do agricultor de alta produtividade devido à importância do Mo na redução do nitrato dentro da planta.

5. A monitoração do estado nutricional da planta através da análise foliar é fundamental para identificar os nutrientes que estão limitando a produtividade e deveria constar na rotina das áreas onde se buscam altas produtividades.

6. De uma maneira geral, observa-se uma boa aceitação e comprovação pelos agricultores do uso de dose ao redor de 30 kg de N/ha na semeadura.

7. É preciso ainda mais pesquisas para melhor compreender os efeitos da adubação nitrogenada em cobertura.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, G.A. de A.; VIEIRA, C.; BERGER, P.G.; GALVÃO, J.C.C. Épocas de aplicação de molibdênio na cultura do milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 21., Londrina, 1996. Anais. Londrina: IAPAR, 1996. p. 160.

BÜLL, L.T. Nutrição mineral do milho. In: BÜLL, L.T. & CANTARELLA, H. (ed.) Cultura do milho; fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p.63-145.

GALLO, P.B.; SAWAZAKI, E.; HIROCE, R.; MASCARENHAS, H.A.A. Produção de milho afetada pelo nitrogênio mineral e cultivos

anteriores com soja. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.7, p.149-152, 1983.

MARSCHNER, H.M. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2 ed. London: Academic Press, 1995. 889p.

OLIVEIRA, E.F. de. Eficiência do modo de aplicação do sulfato de amônio e uréia nas culturas de milho e algodão. In: Resultados de Pesquisa 1/95. Cascavel: OCE-PAR/SN, 1995. p.40-46.

RAIJ, B. VAN & CANTARELLA, H. Milho para grãos e silagem. In: RAIJ, B. VAN, CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (ed.) Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo. Campinas: IAC & Fundação IAC, 1996. p.56-59. (IAC. Boletim Técnico, 100)

RITCHIE, S.W.; HANWAY, J.J.; BENSON, G.O. How a Corn Plant Develops. Ames: Iowa State University of Science and Technology, Cooperative Extension Service, 1993. 21p. (Special Report n. 48)

TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A.; BORKERT, C.M. Nutrição mineral da soja. In: ARANTES, N.E. & SOUZA, P.I. de M. (ed.). Cultura da soja nos cerrados. Piracicaba: POTAFOS, 1994. p.105-135.

ZUBLENA, J.P.; ANDERSON Jr., J.R. Soil Facts - Starter Fertilizers for Corn Production. North Carolina Cooperative Extension Service, 1994. 8p.

FENOLOGIA DO MILHO

Antônio Luiz Fancelli[1]
Durval Dourado-Neto[2]

1. INTRODUÇÃO

O milho é uma planta de ciclo vegetativo variado, evidenciando desde cultivares extremamente precoces, cuja polinização pode ocorrer 30 dias após a emergência, até mesmo aqueles cujo ciclo vital pode alcançar 300 dias. Contudo, nas condições brasileiras, a cultura do milho apresenta ciclo variável entre 110 e 180 dias, em função da caracterização dos cultivares (superprecoce, precoce e normal), período este compreendido entre a semeadura e a colheita.

De forma geral, o ciclo da cultura compreende as seguintes etapas de desenvolvimento: a) *Germinação e emergência*: período compreendido desde a semeadura até o efetivo aparecimento da plântula, o qual em função da temperatura e umidade do solo pode apresentar 5 a 12 dias de duração; b) *Crescimento vegetativo*: período compreendido entre a emissão da segunda folha e o início do florescimento. Tal etapa apresenta extensão variável, sendo este fato comumente empregado para caracterizar os tipos de cultivares de milho, quanto ao comprimento do ciclo; c) *Florescimento*: período compreendido entre o início da polinização e o início da frutificação, cuja duração raramente ultrapassa 10 dias.
d) *Frutificação*: período compreendido desde a fecundação até enchimento completo dos grãos, sendo sua duração estimada entre 40 a 60 dias; e) *Maturidade*: período compreendido entre o final da frutificação e o aparecimento da camada negra, sendo este relativamente curto e indicativo do final do ciclo de vida da planta.

2. ESTÁDIOS FENOLÓGICOS

Para maior facilidade de manejo e estudo, bem como objetivando a possibilidade do estabelecimento de correlações entre elementos fisiológicos; climatológicos; fitogenéticos; entomológicos; fitopatológicos e fitotécnicos, com o desempenho da planta, o ciclo da cultura do milho foi dividido em 11 estádios distintos de desenvolvimento, segundo FANCELLI (1986), adaptado de HANWAY (1966) e NEL & SMIT (1978)

Porém, deve-se notar que os estádios de crescimento e desenvolvimento anteriores ao aparecimento das espigas são identificados mediante a avaliação do número de folhas plenamente expandidas ou desdobradas. Assim, a folha do milho pode ser considerada desdobrada quando a mesma apresentar a linha de união lâmina-bainha ("colar") facilmente visível. Para os estádios posteriores à emissão da espiga, a identificação deverá ser efetuada com base no desenvolvimento e consistência dos grãos.

A descrição dos estádios (Figura 1), eventuais recomendações para manejo, bem como aspectos fisiológicos importante da cultura são apresentados a seguir.

2.1 Estádio 0 (da semeadura à emergência)

A ocorrência de temperatura e umidade favoráveis propiciam o

[1] Professor do Departamento de Agricultura. ESALQ/USP, Caixa Postal 09, Piracicaba - SP, CEP: 13.418-900. Email: alfancel@carpa.ciagri.usp.br.
[2] Professor do Departamento de Agricultura. ESALQ/USP, Caixa Postal 09, Piracicaba - SP, CEP: 13.418-900. Email: dourado@carpa.ciagri.usp.br.

desencadeamento do processo germinativo, redundando na emissão das estruturas embriônicas contidas na semente, dando início ao crescimento da planta jovem.

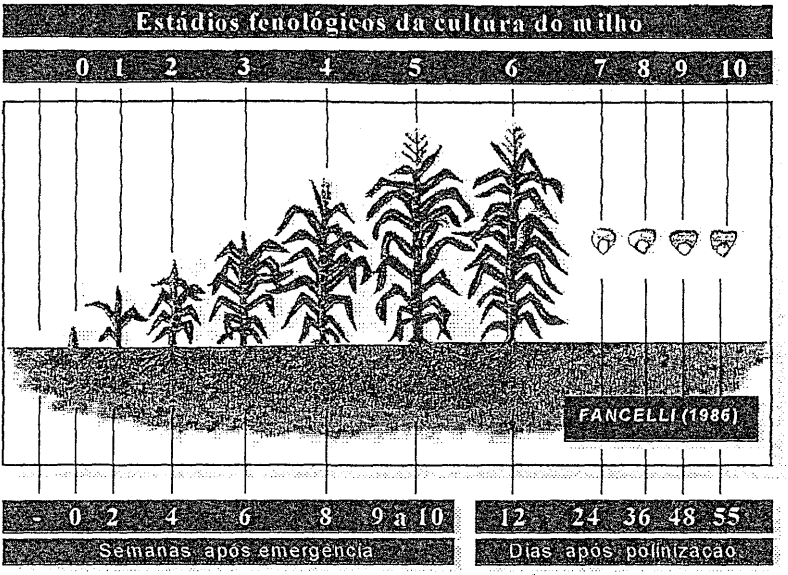


Figura 1. Ciclo da cultura: estádios de desenvolvimento (FANCELLI, 1986, adaptado de HANWAY, 1966 e NEL & SMIT, 1978).

A radícula, primeira estrutura a salientar-se, está representada pela raiz primária que alonga-se rapidamente, seguida das raízes seminais, emergidas do nó cotiledonar. A plúmula, apresentando folhas rudimentares, emerge em direção oposta à radícula, sustentada pelo coleoptilo, que se constitui na estrutura responsável pela condução da parte aérea à superfície do solo.

No caso do milho, a germinação ocorre em 2 semanas quando submetido a 10,5°C de temperatura; em 4 dias a 15,5 °C e em 3 dias a 18°C. De acordo com WILSIE (1962), nessa espécie não se constata a presença de nenhum fator inibitório do processo, visto que sob condições ótimas de umidade, os grãos podem germinar imediatamente após a maturidade, mesmo ainda presos à espiga. A germinação lenta predispõe a semente e a plântula a menor resistência a condições ambientais adversas, bem como ao ataque de patógenos, principalmente fungos do gênero *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Pythium* e *Macrophomina*.

A maior influência na duração dessa etapa encontra-se relacionada com a profundidade de semeadura. Alguns autores relatam que, em virtude do tamanho avantajado do endosperma e embrião do milho, a plântula pode emergir de profundidades consideráveis (10-12 cm). No entanto, as plântulas provenientes de semeaduras profundas emergem tardiamente, em função da maior resistência imposta pela camada mais espessa do solo a que se encontram submetidas. Ainda, sua menor taxa de crescimento é resultante da ocorrência de temperaturas mais baixas e menor

disponibilidade de oxigênio naquelas condições.

O milho, como a maioria das gramíneas, por ocasião da emergência de suas plântulas, mantém sua semente sob a superfície do solo, caracterizado a natureza hipógea de seu processo germinativo.

Em condições favoráveis, a emergência das plântulas de milho ocorrerá entre 5 a 10 dias após a semeadura. Resultados experimentais relatam que o tempo destinado ao referido processo pode alcançar período aproximado de até 25 dias, sem a ocorrência de maiores prejuízos à planta, desde que o solo encontre-se suficientemente seco, de forma a evitar a proliferação de fungos, bem como a absorção de água em taxa incipiente por parte da semente.

Uma semana após a emergência, a plântula apresenta-se com duas folhas totalmente expandidas, encontrando-se a partir dessa fase apta a iniciar o processo fotossintético. Nesta etapa, é bastante evidente um grupo de raízes elongadas, presas ao primeiro nó do caulículo, ainda não portadoras de ramificações.

2.2 Estádio 1 (planta com 4 folhas totalmente desdobradas)

O presente estádio, normalmente, coincide com a segunda semana após a emergência da planta, ocorrendo neste período a diferenciação do meristema apical, cujas estruturas ainda se encontram localizadas abaixo da superfície do solo.

O sistema radicular, em desenvolvimento, já mostra considerável porcentagem de pêlos absorventes e ramificações diferenciadas; sugerindo que em períodos posteriores a este estádio, operações inadequadas de cultivo e muito próximas às plantas poderiam afetar a densidade e distribuição de raízes, com conseqüente redução no rendimento da cultura.

O crescimento das raízes, em extensão, é decisivamente influenciado pelo suprimento de carboidratos sintetizados e acumulados na parte aérea, sendo que a diminuição dessa disponibilidade, bem como a dificuldade de translocação resulta em retração do desenvolvimento do sistema radicular da planta. Desta feita, conclui-se que nesse estádio a raiz é o dreno mais forte presente na planta.

Para KRAMER (1974), apesar das características adaptativas, anatômicas e funcionais observadas na parte aérea da planta, a profundidade, a distribuição e o grau de ramificação das raízes constituem-se nos fatores preponderantes correlacionados ao nível de tolerância à seca por parte das plantas cultivadas.

O desenvolvimento do sistema radicular está associado ao desenvolvimento da parte aérea. Assim, o valor da relação parte aérea/raízes (PA/R) varia em função das condições do meio e do estádio fenológico da planta. A disponibilidade de nitrogênio determina um aumento de PA/R, enquanto que o estresse hídrico induz a redução do valor PA/R. Da mesma forma, a acentuada intensidade luminosa provoca a diminuição no PA/R, que é incrementado em condições de baixa luminosidade (LOOMIS & WILLIANS, 1963).

Neste estádio, os efeitos de baixa temperatura causados por geadas ou mesmo a ocorrência de granizo, promovem pequena redução na produção em virtude de não ocasionarem prejuízos aos tecidos meristemáticos, bem como aos demais órgãos diferenciados, que nesse período, encontram-se protegidos abaixo da superfície do solo.

Também neste estádio tem início o processo de diferenciação floral, o qual origina os primórdios da panícula e da espiga, bem com o define o potencial de produção. Tal fato implica na necessidade da disponibilidade de, pelo menos, 30 kg/ha de nitrogênio de forma a não limitar o evento fisiológico considerado (IOWA STATE UNIVERSITY, 1993).

Três semanas após a emergência das plantas (6 folhas) a região de crescimento atinge a superfície do solo. Nessa fase pode ocorrer o aparecimento de eventuais perfilhos, os quais encontram-se diretamente ligados à base genética do cultivar, ao estado

nutricional da planta, ao espaçamento adotado, ao ataque de pragas e às alterações bruscas de temperatura (baixa ou alta). No entanto, existem poucas evidências experimentais que demonstram a influência negativa dos perfilhos na produção.

No período compreendido entre a emissão da 6ª e 8ª folha, recomenda-se o emprego de nitrogênio, em cobertura, preferencialmente incorporado, caso não tenha sido tomadas providências anteriores nesse sentido. O sistema radicular, na fase mencionada, encontra-se bem distribuído no solo, favorecendo o aproveitamento de fertilizantes.

2.3 Estádio 2 (planta apresentando 8 folhas)

Este período coincide, freqüentemente, com o primeiro mês após a emergência, sendo caracterizado pelo crescimento do colmo em diâmetro e comprimento, bem como pela aceleração do processo de formação da inflorescência masculina, além da presença de 8 folhas desdobradas, indicativa deste estádio. Da mesma forma, a emissão da 7ª/8ª folha, está correlacionada com o início da definição do número de fileiras da espiga.

Para o milho, o colmo não somente atua como suporte de folhas e inflorescências, mas principalmente como uma estrutura destinada ao armazenamento de sólidos solúveis que serão utilizados posteriormente na formação dos grãos.

Assim, estresse hídrico nessa etapa pode afetar o comprimento dos internódios, pela inibição da elongação das células em desenvolvimento, concorrendo desta feita para a diminuição da capacidade de armazenagem de açucares (fotoassimilados) no colmo.

Durante o presente estádio, constata-se a máxima tolerância da espécie ao excesso de chuvas e encharcamento. Todavia, inundações por período de tempo maior que 5 dias poderão acarretar prejuízos consideráveis e irreversíveis à planta.

Evidências experimentais demonstram que a destruição total das folhas expostas neste período, mediante a ocorrência de granizo, geada, ataque severo de pragas e doenças , além de outros agentes, acarretarão quedas na produção da ordem de 10 a 25%.

Os danos ocasionados por granizo é prontamente reconhecido pela presença de folhas dilaceradas e, eventualmente, por plantas tombadas com colmos lesionados. Quando o granizo atinge plantas jovens de milho (até 8 folhas) seu efeito sobre o rendimento pode ser pouco significativo, desde que o ponto de crescimento (região meristemática) não tenha sofrido nenhum dano considerável. Assim, a decisão de se replantar a cultura sinistrada, deve ser fundamentada no exame cuidadoso do ponto de crescimento, antes de se preocupar com a redução do índice de área foliar evidenciado.

Períodos secos, aliados à conformação da planta característica desta fase ("cartucho"), confere à cultura do milho elevada suscetibilidade ao ataque da lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*), exigindo desta feita constante vigilância por parte do agricultor. Tal inseto-praga poderá destruir as folhas responsáveis pelo enchimento de grãos (5-6 folhas superiores), as quais ainda encontram-se enroladas dentro do cartucho.

Cinco semanas após a emergência, incrementa-se a taxa de desenvolvimento das espigas, entre o 6º e 9º nós acima do solo, coincidindo com acentuada taxa de absorção de nutrientes por parte da planta, notadamente potássio (K) e nitrogênio (N).

2.4 Estádio 3 (plantas com 12 folhas)

O presente estádio relaciona-se, geralmente, à sexta e sétima semana após a emergência, sendo caracterizado pela presença de 80%-90% da área foliar máxima. Ainda neste período, além da alta taxa de crescimento experimentada pelo colmo, pendão e espiga superior, pode ocorrer também a perda de quatro folhas mais velhas, bem como o início de desenvolvimento das raízes adventícias ("esporões"), a partir do primeiro nó presente ao nível do solo.

Neste período, a distribuição das chuvas, a disponibilidade de nutrientes, bem

como a duração do intervalo compreendido entre o 3º e o 5º estádio ("espigamento"), constituem-se nos fatores decisivos para a confirmação do potencial da produção e rendimento da cultura, principalmente quanto ao tamanho da espiga. Por essa razão é que, em algumas situações, os cultivares superprecoces produzem menos, pois, tal período de tempo destinado à formação das espigas pode ser relativamente curto, quando comparado àquele disponível aos cultivares de ciclo mais longo, em função das diferenças relativas às suas exigências calóricas.

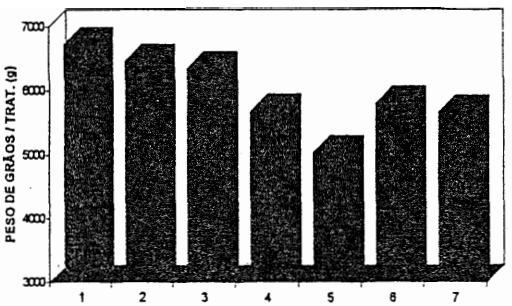
Sete semanas após a emergência, o pendão atinge o seu desenvolvimento máximo, ao mesmo tempo em que se inicia o crescimento dos estilo-estigmas, comumente conhecidos como "cabelo" do milho que, mais tarde, facilitarão a fecundação dos óvulos pelos grãos de pólen.

Como o tamanho da espiga é determinado neste período (estádio 3 ao 5), a ocorrência de deficiências nutricionais, baixa disponibilidade hídrica, granizo, ou ataques de pragas e doenças, podem comprometer seriamente a produção.

2.5 Estádio 4 (emissão do pendão)

Esta etapa de desenvolvimento da planta, normalmente, coincide com a 8ª/9ª semana após a emergência e, caracteriza-se pelo aparecimento parcial do pendão ou "flecha" e pelo crescimento acentuado dos estilo-estigmas da espiga.

Resultados experimentais demonstram que a produção de grãos pode ser drasticamente afetada, neste período, em função da taxa de desfolha. Assim, a perda de 5 folhas superiores de plantas de milho, próximas ao florescimento, promove significativa queda no rendimento da cultura, notadamente pela redução do comprimento das espigas, peso de espigas, número e peso de grãos (FANCELLI, 1988), conforme constatado na Figura 2.



TRAT.	DESCRIÇÃO
1	Ausência de desfolha
2	Retirada de 5 folhas (5)
3	Retirada de 5 folhas basais (10)
4	Retirada de 5 folhas superiores (10)
5	Retirada de 5 folhas superiores (floresc.)
6	Retirada de 5 folhas superiores (1 semana após floresc.)
7	Retirada de 5 folhas superiores (2 semanas após floresc.)

Figura 2. Redução do rendimento da cultura do milho, submetidos a desfolha, em diferentes estádios da cultura (FANCELLI, 1988).

Da mesma forma, em ensaios de campo relativos à avaliação de desempenho de híbridos e linhagens, CANTRELL & GEADELMANN (1981) observaram redução na produção de grãos, da ordem de 9,2%, quando da remoção do pendão acompanhado de 2 folhas superiores. Ainda, temperaturas elevadas, escassez de umidade, baixa luminosidade e deficiências nutricionais podem antecipar demasiadamente a emissão do pendão, bem como a formação e maturação do grão do pólen, antes mesmo que a espiga se encontre estruturalmente e fisiologicamente apta para desenvolver as suas funções. Assim, cultivares precoces, em virtude de alguns atributos genéticos encontram-se mais sujeitos a esse problema, apresentando em algumas ocasiões, percentagem considerável de espigas mal granadas e desuniformes (PATERNIANI, 1978).

A perda do sincronismo entre a emissão dos grãos de pólen e a receptividade dos estilo-estigmas da espiga concorre para o aumento da porcentagem de espigas sem grãos nas extremidades.

Nota-se que a emissão da inflorescência masculina sempre antecede de 2 a 4 dias a exposição dos estilo-estigmas. Todavia, 75% das espigas devem apresentar seus estilo-estigmas expostos, após período de 10-12 dias posterior ao aparecimento do pendão (FERRAZ, 1966).

2.6 Estádio 5 (florescimento e polinização)

Durante a 9ª/10ª semana após a emergência das plantas, inicia-se normalmente o florescimento, cessando as elongações do colmo e internódios.

Neste estádio, as espigas expõem seus estilo-estigmas que continuam a crescer até que sejam polinizados, dando seqüência ao processo de fecundação do óvulo.

O "cabelo" do milho aparece durante período aproximado de 3 a 5 dias, sendo receptivos imediatamente após a sua emissão, podendo assim permanecer por até 14 dias, desde que mantidas as condições favoráveis à sua viabilidade. Devido a importância do estilo-estigma para a concretização da produção, recomenda-se neste estádio, constante vigilância, evitando-se a sua destruição, principalmente pela ocorrência de pragas. (principalmente lagarta da espiga).

A deiscência e a dispersão dos grãos de pólen usualmente ocorre antes da emissão dos estilo-estigmas, caracterizando a natureza protândrica da quase totalidade dos cultivares de milho, o que favorece o mecanismo de polinização cruzada. Tal período de dispersão pode se estender até o 14º dia, embora períodos mais curtos (5 a 8 dias) sejam mais comumente constatados (PURSEGLOVE, 1972).

A liberação do grão do pólen pode se iniciar ao amanhecer, estendendo-se até ao meio-dia; contudo, tal processo raramente exige mais de 4 horas para a sua complementação. Ainda, sob condições favoráveis, o grão de pólen pode permanecer viável por período aproximado de 24 horas. Todavia, sua longevidade pode ser drasticamente reduzida quando submetido à baixa umidade e altas temperaturas (GOODMAN & SMITH, 1978).

A polinização do milho é predominantemente realizada pelo vento, de forma a vencer distâncias aproximadas de até 500 m, assegurando desta feita a possibilidade da efetivação da fecundação cruzada.

O estabelecimento do contato direto entre o grão de pólen e os pêlos viscosos do estigma, estimula a germinação do primeiro, dando origem a uma estrutura denominada de tubo polínico, que é responsável pela fecundação do óvulo inserido na espiga. A fertilização ocorre 12 a 36 horas após a polinização, período este variável em função de alguns fatores envolvidos no processo, tais como: teor de água, temperatura, ponto de contato e comprimento do estilo-estigma.

Assim, o número de óvulos fertilizados apresenta estreita correlação com o estado nutricional da planta e temperatura do ar, bem com a condição de umidade presente no solo e no ar. Temperaturas elevadas aliadas a umidade relativa do ar inferior a 60% poderão comprometer os mecanismos de polinização e fertilização,

acarretando, consequentemente, consideráveis prejuízos à produção.

Desta forma, evidencia-se a decisiva influência do ambiente nesta etapa de desenvolvimento, recomendando-se, portanto, criterioso planejamento da cultura, com referência principal à época de semeadura e à escolha do cultivar, de forma a garantir as condições climáticas favoráveis exigidas pela planta no presente estádio.

A escolha do tipo de cultivar adequado para a região e época de semeadura considerada deve-se fundamentar, entre outros fatores, na finalidade da produção; na disponibilidade de calor (unidades térmicas); no balanço hídrico; na possibilidade de ocorrência de veranicos durante o ciclo de cultura, bem como no nível tecnológico a ser adotado (FANCELLI, 1989).

2.7 Estádio 6 (grãos leitosos)

O presente estádio, normalmente, ocorre 12 a 15 dias após o início da polinização, sendo caracterizado pelo início do processo de acumulação do amido no endosperma dos grãos, contribuindo assim para o incremento de seu peso seco. Tal aumento ocorre, em grande parte, devido a translocação dos sintetizados presentes nas folhas e no colmo para a espiga e grãos em formação, cuja eficiência, além de ser importante para a produção, é extremamente dependente da disponibilidade de água.

Observações experimentais demonstram que 50-60% dos carboidratos transportados para o grão de milho são oriundos das folhas localizadas na porção superior da planta, ao passo que aproximadamente 30% apresentam a contribuição das folhas situadas em seu terço médio, sendo o restante proveniente de suas folhas mais inferiores (ALLISON & WATSON, 1966).

Embora neste período a planta necessite apresentar considerável teor de sólidos solúveis prontamente disponíveis, objetivando a evolução do processo de formação de grãos, a fotossíntese mostra-se imprescindível. Em termos gerais, considera-se como importante caráter condicionador de produção, a extensão da área foliar que permanece fisiologicamente ativa após a emergência da espiga.

A ocorrência de período nublado (ou reduzida intensidade luminosa) acarretará, nesta etapa, a redução da fotossíntese, bem com o aumento do nível de estresse da planta, implicando na redução da taxa de acúmulo de matéria seca do grão, além de favorecer a incidência de doenças de colmo. (NASYRON, 1978 e FANCELLI, 1988).

A fotossíntese realizada pelos tecidos que formam a espiga (brácteas) contribui muito pouco para a deposição de material nos grãos em virtude de sua restrita área fotossintetizadora.

Para lavouras destinadas a produção de sementes, este período assume particular importância; pois têm início o desencadeamento dos processos de diferenciação do coleoptilo, da radícula e das folhas rudimentares. O conteúdo de água contido nas sementes, nesse estádio, corresponde a 85 %, aproximadamente.

Ainda, no presente estádio pode-se evidenciar, ainda, a translocação de nitrogênio (N) e fósforo (P) para os grãos em formação (NEL & SMIT, 1978).

2.8 Estádio 7 (grão pastoso)

Neste estádio, 20-30 dias após a emissão dos estilo-estigmas, as sementes continuam se desenvolvendo rapidamente, embora suas estruturas embriônicas encontram-se já totalmente diferenciadas.

A deposição de amido é bastante acentuada, caracterizando desta feita um período exclusivamente destinado ao ganho de peso por parte do grão.

Em condições de campo, tal etapa de desenvolvimento é prontamente reconhecida, pois, quando os grãos presentes neste estádio são submetidos à pressão imposta pelos dedos (unhas), mostram-se relativamente consistentes; embora ainda apresentem pequena quantidade de sólidos solúveis ("leite"), cuja presença e abundância caracteriza o estádio anterior. O conteúdo de

água dos grãos, nesse estádio, corresponde a 60-70%.

A ocorrência neste período de adversidades climáticas, principalmente deficiência hídrica, fatalmente acarretará maior porcentagem de grãos leves e pequenos, resultando na queda de produção.

2.9 Estádio 8 (início da formação de "dentes")

Este período coincide, normalmente, com o 30-40 dias após o princípio da polinização, sendo caraterizado pelo aparecimento da concavidade na parte superior do grão, comumente designada de "dente".

Nesta etapa, os grãos encontram-se em fase de transição, do estado pastoso para o farináceo, tomando-se cada vez mais endurecidos, sendo que o teor de água presente nos grãos, nessa etapa, corresponde a 40-50-%.

Ainda, neste estádio, o embrião continua se desenvolvendo, sendo que além do acentuado acréscimo de volume experimentado pelo endosperma, mediante o aumento do tamanho de suas células, observa-se também a completa diferenciação da radícula e das folhas embrionárias no interior das sementes.

Para cultivares portadores de grãos duros, em virtude da não formação do "dente", os estádios 8 e 9 tornar-se-ão de difícil constatação nas condições de campo, podendo apenas serem relacionados ao aumento gradativo da dureza dos grãos.

NUSSIO (1990) aponta o final desse período como sendo o momento ideal de corte do milho para silagem, pois as plantas apresentam entre 32 e 40% de matéria seca e os grãos encontram-se no estado farináceo-duro. Relata, ainda, o autor, que as vantagens de se cortaras plantas nesse estádio são: a) Obtém-se significativo aumento na produção de matéria seca por área, apesar do decréscimo na produção de matéria verde; b) decréscimo nas perdas de armazenamento pela diminuição do efluente; c) Aumento significativo no consumo voluntário da silagem produzida.

2.10 Estádio 9 (grãos "duros")

Neste estádio, 48 a 55 dias após a emissão dos estilo-estigmas, todos os grãos encontram-se "dentados", além de se constatar acelerada perda de umidade em toda a planta.

Poucas modificações caracterizam esta etapa de desenvolvimento; pois, além da acentuada queda na taxa de acumulação de substâncias orgânicas e minerais no grão, evidencia-se a maturação morfológica das sementes, cujas estruturas encontram-se plenamente formadas e diferenciadas. Porém, ainda não se encontram aptas a desempenharem suas funções específicas.

2.11 Estádio 10 (grãos maduros fisiologicamente)

Na última etapa de desenvolvimento, 50 a 65 dias após o início da polinização, evidencia-se a paralização total de acúmulo de matéria seca nos grãos, coincidindo com o processo de senescência natural das folhas das plantas, as quais gradativamente iniciam o processo de perda de água e da sua coloração verde característica.

Este estádio, comumente designado por ponto de maturidade fisiológica, é caracterizado pela manifestação do máximo peso da matéria seca dos grãos e máximo vigor das sementes, sendo facilmente reconhecido pela presença da "camada negra", formada no ponto de inserção do grão com o sabugo. A partir deste momento, rompe-se o elo de ligação entre a planta-mãe e o fruto, passando o mesmo a apresentar vida independente, necessitando para tanto, de energia prontamente disponível, resultante da queima gradativa de suas reservas, objetivando a manutenção de seus processos vitais. Assim, o atraso demasiado para a colheita acarretará perdas indiretas (quebramento e carunchamento de plantas) e perdas diretas oriundas do processo respiratório.

Conclui-se, portanto, que o ponto de maturidade fisiológica caracteriza o momento

ideal para a colheita, em função da máxima produção (máximo peso da matéria seca) concentrada neste estádio.

No entanto, tal procedimento dificilmente poderá ser implementado, em virtude da alta umidade presente no grão (30-38%), por ocasião de sua maturidade fisiológica. Neste caso, a colheita deverá ser realizada sem maiores problemas quando os grãos de milho apresentarem umidade entre 25 e 18%, desde que o produto colhido seja submetido a uma secagem artificial antes de ser conduzido ao armazenamento.

Neste estádio, os grãos iniciam a perda gradativa de água, atingindo, ao fim de 25-35 dias, umidade ao redor de 22-18%, embora o tempo relativo a esse processo seja diretamente influenciado pelas condições climáticas reinantes no período.

A qualidade dos grãos produzidos pode ser avaliada pela porcentagem de grãos ardidos, que interfere notadamente na destinação do milho em qualquer segmento da cadeia de consumo.

A ocorrência de grãos ardidos está diretamente relacionado ao híbrido de milho e ao nível de empalhamento a que estão submetidas as suas espigas. Ainda, de forma indireta, a presença de pragas (ataque de lagarta do cartucho, tardiamente, percevejos e lagarta da espiga); adubações desequilibradas (principalmente excesso de nitrogênio e pouco potássio); período chuvoso no final do ciclo; atraso na colheita e incidência de algumas doenças, podem influir no incremento do número de grãos ardidos. (FANCELLI, 1995).

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLISON, J.C.S.; WATSON, D.J. The production and distribuition of dry matter in maize after flowering. Annals of Botany, 30(119):366-381, 1966.

CANTRELL, R.G.; GEALDEMANN, J.L. Contribuition of truste leaves to maize grain yield. Crop Science, 21 (4):544-546. 1981.

FANCELLI, A.L.; LIMA, U.A. Milho: Produção, pré-processamento e transformação Agroindustrial. SICCI/PROMOCET/FEALQ. São Paulo. 112p., 1982. (Série Extensão Agroindustrial, 5).

FANCELLI, A.L. Plantas Alimentícias: guia para aula, estudos e discussão. Centro Acadêmico "Luiz de Queiroz". ESALQ/USP. 131 p. ,1986.

FANCELLI, A.L. Influência do desfolhamento no desempenho de plantas e de sementes de milho (*Zea mays* L.). Piracicaba. ESALQ/USP. 172p., 1988 (Tese de Doutoramento).

FANCELLI,A.L. Escolha do tipo de cultivar de milho. Departamento de Agricultura / ESALQ / USP. Piracicaba,1989. 8p.

FERRAZ, E.C. Fisiologia do milho. In: Cultura e adubação do milho. Instituto Brasileiro da Potassa. São Paulo. p.369-379, 1966.

GOODMANN, M.M.; SMITH, J.S.C. Botânica do milho. In: Melhoramento e produção do milho no Brasil. Fundação Cargill. Piracicaba, 1978. p.32-70.

IOWA STATE UNIVERSITY. National corn handbook. Cooperative Extension Service. Ames. 1993. 612p.

KRAMER, P.J. Fifty years of progress in water relations reasearch .Plant Physiology. 54:463-471.,1974.

LOOMIS, R.S.; WILLIAMS, W.A. Maximum crop productivity: an estimate. Crop Science. 3(1):67-72. 1963.

NEL, P.C.; SMIT, N.S.H. Growth and development stages in the growing maize plant. Farming in South Africa, 1978. p.1-7.

NUSSIO, L.G. A cultura do milho e sorgo para a produção de silagem. In: FANCELLI, A.L. (editor) Milho. FEALQ/ESALQ/USP. Piracicaba. p58-88. 1990.

PATERNIANI, E. (editor). Melhoramento e produção de milho no Brasil.

Fundação Cargill. Piracicaba, 1978. 650p.

PURSEGLOVE, J.W. Tropical crops. Monocotyledons. I. John Wiley and Sons. Inc. New York. 1972. 334p.

TOLLENAAR, M.; DAYNARD, T.B. Relationship between assimilate source and reproductive sink in maize grown in a short season environment. Agronomy Journal. 70:219-23. 1977.

WILSIE, C.P. Crop adaptation and distribuition. Ed. Freeman, 1962. 345p.

MANEJO DA ÁGUA NA CULTURA DE MILHO: ASPECTOS TEÓRICOS FUNDAMENTAIS

Durval Dourado Neto[1]
Antônio Luiz Fancelli[2]

1. INTRODUÇÃO

O entendimento da relação entre água e rendimento agrícola é de fundamental importância para melhor orientar ações de manejo. É imprescidível uma visão global do sistema agrícola, contemplando, mesmo que apenas num modelo mental, a interação entre as diferentes fases do sistema agrícola de forma conjunta.

O sentido predominante da densidade de fluxo de água na natureza é solo-planta-atmosfera, devido a ordem de grandeza do potencial total da água, pelos processos evaporação (solo-atmosfera), transpiração (planta-atmosfera) e absorção (solo-planta).

O item ASPECTOS TEÓRICOS FUNDAMENTAIS descreve os principais procedimentos e critérios existentes para estimativa de evapotranspiração real, deficiência e excedente hídrico e rendimento agrícola.

O item ASPECTOS PRÁTICOS relata de forma sucinta os procedimentos existentes para controle de irrigação, aplicação de produtos químicos via água de irrigação (fertirrigação) e via sistema Notliada (insetigação, herbigação e fungigação), bem como o manejo de população.

2. ASPECTOS TEÓRICOS FUNDAMENTAIS

2.1 Água e rendimento

A relação funcional entre rendimento agrícola (Y) e os diversos fatores de produção (Figura 1) pode ser expressa pela seguinte equação:

$$Y=Y(Energia,CO_2,H_2O,Nutrientes,O_2,Microorganismos,N,P,K,Ca,Mg,S,Cl,Cu,Fe,Zn,Mn,Mo,B,doenças,pragas,pl.daninhas) \quad (1)$$

Porém, evapotranspiração real (ETr) também é dependente dos mesmos fatores. Sendo assim:

$$ETr=ETr(Energia,CO_2,H_2O,Nutr,O_2,Microorganismos,N,PK,Ca\ Mg,S,Cl,Cu,Fe,Zn,Mn,Mo,B,doenças,pragas,pl.daninhas) \quad (2)$$

Para efeito de estimativa de rendimento (Y), adotar-se-á como primeira hipótese basilar (FAO):

$$Y = Y(ETr) \quad (3)$$

O enfoque principal dessa primeira aproximação será apenas relativo aos aspectos quantitativos especificamente relacionados a estimativa de rendimento agrícola.

[1] Professor do Departamento de Agricultura. ESALQ/USP, Caixa Postal 09, Piracicaba - SP, CEP: 13.418-900. Email: dourado@carpa.ciagri.usp.br.
[2] Professor do Departamento de Agricultura. ESALQ/USP, Caixa Postal 09, Piracicaba - SP, CEP: 13.418-900. Email: alfancel@carpa.ciagri.usp.br.

	sol (energia) CO_2 H_2O O_2 N_2	**fase atmossfera**
fase biótica (doenças, pragas, plantas daninhas e outras interações)	↓ ↓ ↑ ↑ Energia+6 CO_2+6 H_2O +Nutrientes↔ $C_6H_{12}O_6$+6 O_2 ↓ ↑ ↑ ↑	**fase planta**
	CO_2 H_2O O_2 Microorganismos Nutrientes (N,P,K,Ca,Mg,S,Cl,Cu,Fe,Zn,Mn,Mo,B)	**fase solo**

Figura 1. Visão global do sistema agrícola ilustrando, de forma simplificada: a relação entre a fase planta e as demais fases.

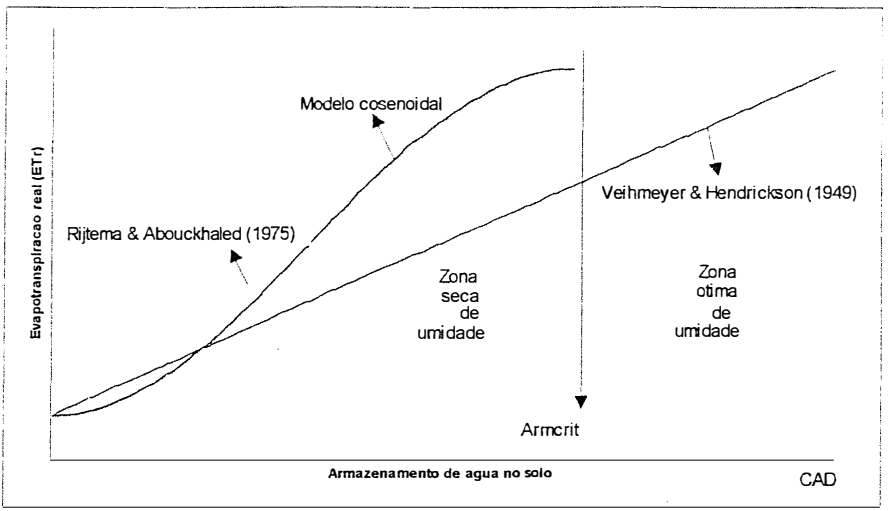


Figura 2. Representação esquemática da variação de evapotranspiração real em função do armazenamento de água no solo.

Para estimativa da evapotranspiração real, realiza-se o balanço hídrico seqüencial utilizando o procedimento proposto por THORNTHWAITE & MATHER (1955) com algumas modificações.

A realização do balanço é justificada em função da hipótese de que a evapotranspiração real pode ser estimada em função do teor de água no solo (Figura 2).

2.1.1 Balanço hídrico cíclico segundo Thornthwaite & Mather (1955)

Esse procedimento é utilizável quando não se conhece a umidade atual no dia da semeadura, o que ocorre na maioria dos casos.

2.1.2 Evapotranspiração de referência segundo THORNTHWAITE (1948)

Para estimativa da evapotranspiração, utilizar-se-á como procedimento padrão o proposto por THORNTHWAITE (1948). O método de THORNTHWAITE tem a vantagem de necessitar apenas dos dados de temperatura média dos períodos e da latitude local para o cálculo da evapotranspiração de referência. O método apresenta melhores resultados entre as latitudes 40°N e 40°S.

THORNTHWAITE & MATHER (1955) definiram evapotranspiração de referência (ou potencial) (ETo) como sendo a perda total de água, na forma de vapor normal de uma superfície natural bem suprida de água à atmosfera, ocorrendo quando a folhagem vegetal se mantém turgescente e quando o processo decorre dependente de atributos do clima, não havendo restrição de água ou cobertura vegetal. Para o cálculo da

mesma, esses autores sugeriram a seguinte equação:

$$ETo_n = 0{,}53\left(10\frac{T_n}{I}\right)^a \frac{H_n}{12} N_n \qquad (4)$$

onde Eto_n é a evapotranspiração de referência (mm/período) do n-ésimo período, T_n a temperatura média (°C) referente ao n-ésimo período, I é o índice térmico, a um coeficiente empírico composto, H_n o número possível de horas de brilho solar no dia mediano do n-ésimo período, e N_n o número de dias do n-ésimo período.

2.1.2.1 Índice de calor anual

Para auxiliar a estimativa da evapotranspiração de referência, THORNTHWAITE (1948) criou uma variável denominada índice térmico ou índice de calor anual (I):

$$I = 0{,}08745\sum_{j=1}^{12} T_j^{1{,}514} \qquad (5)$$

onde T_j refere-se à temperatura (°C) média diária do j-ésimo mês.

2.1.2.2 Coeficiente empírico composto

O coeficiente empírico composto (a) é calculado da seguinte maneira:

$$a = \sum_{i=0}^{3} a_i I^i \qquad (6)$$

onde I é o índice térmico e a_i se refere aos coeficientes empíricos. Os valores desses coeficientes foram determinados através de análise de regressão utilizando valores mensais médios de temperatura por THORNTHWAITE em 1948, que resultou em a_0=0,49239, a_1=0,01792, a_2=-0,0000771 e a_3=0,000000675.

2.1.2.3 Horas de brilho solar

O número de horas de brilho solar (H_n) necessário para o cálculo da evapotranspiração de referência, é calculado segundo a fórmula:

$$H_n = \frac{24}{\pi} ar\cos\left[-tg(\alpha_n)tg(\phi)\right] \qquad (7)$$

onde φ é a latitude do local (rad) e α_n é declinação solar (rad) no dia mediano do n-ésimo período. A declinação solar calculada pela expressão proposta por PALTRIDGE & PLATT (1976):

$$\alpha_n = C_0 + \sum_{i=1}^{3} C_i sen\left(\frac{2i\pi d_n}{365}\right) - D_i \cos\left(\frac{2i\pi d_n}{365}\right) \qquad (8)$$

onde d_n é o número de ordem (dia Juliano), defazado de 1 dia do dia mediano do n-ésimo período (número de ordem defazado do dia mediano 3 é 2, p.e.), e C_0, C_i e D_i são os parâmetros empíricos do modelo (Tabela 1). Considerou-se sempre que o ano possui 365 dias.

Tabela 1. Parâmetros empíricos do modelo proposto por PALTRIDGE & PLATT (1976) para estimativa da declinação solar.

Parâmetro	Valor
C_0	0,006918
C_1	0,070257
C_2	0,000907
C_3	0,001480
D_1	0,399912
D_2	0,006758
D_3	0,002697

2.1.2.4 Evapotranspiração máxima da cultura

Entende-se por evapotranspiração máxima (ou ótima) (ETm_n, mm) da cultura às perdas totais de água, do solo à atmosfera, através de uma superfície vegetada pela cultura de interesse, pelos processos simultâneos de evaporação e transpiração. Essa evapotranspiração, por representar a maior possível troca de gases entre a cultura de interesse e a atmosfera, assume-se que corresponde ao máximo rendimento da cultura. Estima-se a evapotranspiração máxima da cultura de interesse multiplicando-se a evapotraspiração de referência pelo coeficiente de cultura, conforme proposição de van WIJK & De VRIES (SEDIYAMA, 1988) e o procedimento de DOORENBOS & PRUITT (1975).

2.1.2.4.1 Coeficiente de cultura

Assumindo-se variação linear entre

evapotranspiração máxima da cultura e a evapotranspiração de referência, define-se coeficiente de cultura como sendo o coeficiente angular dessa reta:

$$Kc = \frac{ETm}{ETo} \quad (9)$$

O coeficiente de cultura pode ser obtido na literatura através de valores tabelados, em função do estádio fenológico da cultura, ou determinado experimentalmente.

2.1.2.4.2 Estádios fenológicos (FAO)

Para fins de cálculo do coeficiente da cultura e do desenvolvimento do sistema radicular, foram definidas (FAO) cinco estádios fenológicos (Tabela 2).

O tempo de duração para cada um dos cinco estádios pode ser tabelado (determinado experimentalmente), ou estimado utilizando índices térmicos.

Tabela 2. Estádios fenológicos (FAO).

Estádio	termina quando há
1	10% do desenvolvimento vegetativo
2	80% do desenvolvimento vegetativo
3	florescimento
4	maturidade fisiológica
5	colheita

2.1.2.4.3 Cálculo do Kc (FAO)

Para a cultura de milho, têm-se os valores do coeficiente de cultura tabelados para os estádios 1, 3 e 5. Nos estádios 2 e 4, o coeficiente de cultura varia linearmente com o tempo (Figura 3).

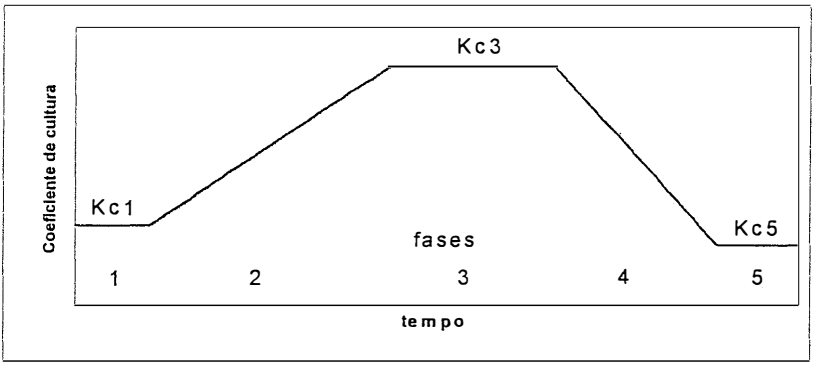


Figura 3. Variação temporal do coeficiente de cultura (FAO).

2.1.2.4.4 Saldo e negativo acumulado

Entende-se por saldo a diferença entre chuva e evapotranspiração máxima:

$$S_n = C_n - ETm_n \quad (10)$$

onde S_n é o saldo (mm), C_n a chuva (mm) e ETm_n a evapotranspiração máxima (mm) da cultura, referentes ao n-ésimo período.

O negativo acumulado pode ser entendido como o módulo da diferença acumulada das chuvas e evapotranspiração máxima da cultura até o período em questão, o qual é estimado utilizando o seguinte procedimento:

i. Se $S_n < 0$

$$L_n = L_{n-1} + |S_n| \quad (11)$$

e

$$Arm_n = CAD_n e^{\frac{-L_n}{CAD_n}} \quad (12)$$

ii. Se $S_n > 0$

$$Arm_n = Arm_{n-1} + S_n \quad (13)$$

e

$$L_n = -CAD_n \ln\left(\frac{Arm_n}{CAD_n}\right) \quad (14)$$

onde L_n é o negativo acumulado (mm), Arm_n é o armazenamento e CAD_n a capacidade de água disponível no n-ésimo período.

2.1.2.5 Critérios de iniciar o balanço hídrico

2.1.2.5.1 Critério de iniciar o balanço hídrico segundo THORNTHWAITE & MATHER (1955)

A hipótese basilar do método de THORNTHWAITE & MATHER (1955) é a de que a perda de água pelo processo de evapotranspiração é diretamente proporcional ao teor de água no solo. Os autores assumiram que a evapotranspiração varia linearmente com o armazenamento de água no solo. Sendo assim, deduz-se que o armazenamento varia exponencialmente com o negativo acumulado:

$$Arm_n = CAD_n e^{\frac{-L_n}{CAD_n}} \quad (15)$$

O Critério de iniciar o balanço hídrico, segundo THORNTHWAITE & MATHER é o de que o solo se encontra na capacidade de campo no final do período úmido (L=0 ∴ Arm=CAD).

2.1.2.5.2 Critério de iniciar o balanço hídrico segundo MENDONÇA (1958)

Em regiões áridas e semi-áridas, principalmente, dependendendo das condições do solo e da cultura em estudo, há a possibilidade do solo nunca atingir a capacidade de campo. Com base nessa possibilidade MENDONÇA (1958) elaborou um critério de iniciar o balanço hídrico, válido no caso de apenas uma estação úmida e uma estação seca, que permite determinar os valores corretos de armazenamento e negativo acumulado dispensando os cálculos iterativos originalmente propostos por THORNTHWAITE & MATHER para realização do balanço hídrico cíclico.

MENDONÇA determinou a expressão matemática destinada à estimativa do negativo acumulado no último período da estação úmida., reescrevendo a expressão original de THORNTHWAITE & MATHER utilizando variáveis reduzidas adimensionais:

$$\alpha = e^{-\lambda} \quad (16)$$

sendo que:

$$\alpha = \frac{Arm}{CAD} \quad (17)$$

e

$$\lambda = \frac{L}{CAD} \quad (18)$$

Como no último período da estação úmida:

$$\lambda = x \Rightarrow \alpha = y + p \quad (19)$$

e no último período da estação seca:

$$\lambda = x - n \Rightarrow \alpha = y \quad (20)$$

onde:

$$p = \frac{P}{CAD} \quad (21)$$

e

$$n = \frac{N}{CAD} \quad (22)$$

sendo que P é o total dos saldos positivos e N o total dos saldos negativos no ano:

$$P = \sum_{i=aMOD13}^{b} S_i \ (\text{se } S_i \geq 0) \quad (23)$$

e

$$N = \sum_{i=(b+1)MOD13}^{a-1} S_i \ (\text{se } S_i < 0) \quad (24)$$

onde a e b representram, respectivamente, o número de ordem do primeiro e último meses da única estação úmida.

Sendo assim, verifica-se facilmente que:

$$L_b = -CAD \ln\left(\frac{p}{1-e^n}\right) \ (\text{se } p < 1-e^n) \quad (25)$$

$$L_b = 0 \ (\text{se } p \geq 1-e^n) \quad (26)$$

onde L_b representa o negativo acumulado no último mês da estação úmida. A partir desse ponto, faz-se o balanço hídrico conforme propuseram THORNTHWAITE & MATHER (1955).

estação seca (s_1)		último período da estação seca: λ=x-n e α=y
estação úmida (u_1)		primeiro período da estação úmida último período da estação úmida: λ=x e α=y+p
estação seca (s_1)		primeiro período da estação seca

Figura 4. Representção esquemática do balanço hídrico ciclico elaborado mensalmente, onde são apresentadas as estações úmida (u1) e seca (s1).

2.1.2.5.3 Critério generalizado de iniciar o balanço hídrico

Como em Agronomia, deseja-se fazer o balanço hídrico utilizando um número maior de períodos, com um número menor de dias para sua composição, tornou-se necessário generalizar o critério de iniciar o balanço hídrico proposto por MENDONÇA. Uma nova expressão, válida para qualquer número de estações úmidas e secas consecutivas.

Utilizando a expressão proposta por THORNTHWAITE e MATHER e as variáveis reduzidas propostas por MENDONÇA, verifica-se facilmente que quando:

$$p_1 + e^{-x_j - n_j} < 1 \qquad (27)$$

e

$$P_j + \sum_{i=1}^{j-1} P_i e^{\sum_{k=j-1}^{i} n_k} < \left(1 - e^{\sum_{k=1}^{j} n_k}\right) CAD \qquad (28)$$

verifica-se que:

$$x_j = -\ln\left[\frac{P_j + \sum_{i=1}^{j-1} P_i e^{\sum_{k=j-1}^{i} n_k}}{\left(1 - e^{\sum_{k=1}^{j} n_k}\right) CAD}\right] \qquad (29)$$

e

$$x_1 = -\ln\left(p_1 + e^{-x_j + n_j}\right) \qquad (30)$$

A partir desse ponto, faz-se o balanço hídrico conforme propuseram THORNTHWAITE & MATHER. Esse procedimento permite estimar os valores de armazenamento e negativo acumulado numa única passagem, enquanto que o procedimento original proposto por THORNTHWAITE & MATHER, apesar de chegar ao mesmo resultado, envolve uma seqüência exaustiva de cálculos, limitando a sua utilização quando não se dispõe de recursos computacionais (quando se dispõe de recursos computacionais há perda de tempo durante o processamento).

2.1.2.6 Armazenamento de água no solo

2.1.2.6.1 Capacidade de água disponível

Capacidade de água disponível (CAD_n, mm), referente ao n-ésimo período, é o armazenamento máximo de água disponível para a cultura. Levando em consideração as definições de capacidade de campo (θ_{cc}, cm^3/cm^3) e ponto de murchamento permanente (θ_{pmp}, cm^3/cm^3), e adotando os valores de umidade correspondente à capacidade de campo e ao ponto de murchamento permanente com a profundidade, pode-se calcular capacidade de água disponível através da seguinte expressão:

$$CAD_n = 10\left(\theta_{cc} - \theta_{pmp}\right) Ze_n \qquad (31)$$

onde Ze_n é a profundidade efetiva do sistema radicular (cm) no n-ésimo período.

2.1.3 Sistema radicular

2.1.3.1 Profundidade inicial efetiva do sistema radicular

Para a cultura de milho, implantada por semeadura, adotar-se-á um valor inicial de profundidade efetiva do sistema radicular (Ze_{ini}) igual à profundidade de semeadura.

2.1.3.2 Profundidade máxima efetiva do sistema radicular

Assumir-se-á como profundidade

máxima efetiva do sistema radicular (Ze_{max}), uma fração f da profundidade máxima real (Zr_{max}) simulada pelo modelo:

$$Ze_{max} = fZr_{max} \quad (32)$$

Assume-se que as raizes alcançam essa profundidade ao chegar no estádio do florescimento.

Para a cultura de milho, essa fração f, que representa um fator de geometria do sistema radicular, oscila entre 0,45 e 1,00. Para a estimativa da fração f específica à cultura da milho, utilizar-se-ão os resultados da simulação do crescimento radicular (Figura 6) obtidos com o modelo. Durante a simulação, serão gerados arquivos gráficos para a contagem do total de pixels referentes ao solo e à raiz circunscritos num retângulo cujos lados são: a profundidade real máxima simulada do sistema radicular e a média dos espaçamentos entre plantas (dentro de uma mesma fileira) e entre fileiras de plantas.

estação seca (s_i)		último período da última estação seca: $\lambda=x_j-n_j$ e $\alpha=y_j$
estação úmida (u_1)		primeiro período da primeira estação úmida último período da primeira estação úmida: $\lambda=x_1$ e $\alpha=y_1+p_1$
estação seca (s_1)		primeiro período da primeira estação seca último período da primeira estação seca: $\lambda=x_1-n_1$ e $\alpha=y_1$
estação úmida (u_2)		primeiro período da segunda estação úmida último período da segunda estação úmida: $\lambda=x_2$ e $\alpha=y_1+p_2$
estação seca (s_2)		primeiro período da segunda estação seca último período da estação seca: $\lambda=x_2-n_2$ e $\alpha=y_2$
.estação seca (s_j)		primeiro período da última estação seca

Figura 5. Representção esquemática do balanço hídrico cíclico elaborado por período, onde são apresentadas as estações úmida ("u_1" a "u_j") e seca ("s_1" a "s_j") (nesse exemplo: j=10).

2.1.3.3 Profundidade efetiva do sistema radicular d dias após a semeadura

Assume-se como profundidade efetiva do sistema radicular d dias após a semeadura (Ze_d), a fração f da profundidade real d dias após a semeadura (Zr_d) simulada pelo modelo.

$$Ze_d = f_d Zr_d \quad (33)$$

O valor da fração f será estimado em diferentes épocas.

2.1.3.4 Curva de crescimento do sistema radicular

Após a obtenção dos valores de profundidade efetiva do sistema radicular para cada dia d (Ze_d), calculados a partir de Zr_d (simulado pelo modelo) e do fator de geometria do sistema radicular estimado para cada periodo (f_d), será construida uma curva $Ze_d(t)$. A partir dos pontos dessa curva será feita análise de regressão, com ajuste a função do tipo linear ou potencial ou sigmoidal, utilizando-se o método dos mínimos quadrados (nesse caso utilizar-se-á o método iterativo generalizado de Newton-Raphson).

Assume-se, para as funções linear e potencial , que a profundidade efetiva do sistema radicular d dias após a semeadura (Ze_d) é dada pelas seguintes expressões:
se d < D:

$$Ze_d = Ze_{im} + \left(Ze_{max} - Ze_{im}\right)\left(\frac{d}{D}\right)^F \quad (34)$$

se d ≥ D:

$$Ze_d = Ze_{max} \quad (35)$$

onde D é o número de dias após a semeadura em que Ze_{max} é atingida; e F é o fator de forma da curva de crescimento do sistema radicular (Figura 6). Se o fator de forma for unitário

(F=1), significa que o sistema radicular cresce segundo uma função linear com o tempo. Caso o fator de forma seja inferior à unidade (0<F<1), isso significará que o sistema radicular cresce segundo uma função potencial com o tempo.

Para a função sigmoidal (Figura 6), temos que:

se d < D:

$$Ze_d = Ze_{ini} + \left(\frac{Ze_{max} - Ze_{ini}}{2}\right)\left[1 - \cos\left(\pi^{\frac{1}{F}}\frac{d}{D}\right)^F\right] \quad (36)$$

se d ≥ D

$$Ze_d = Ze_{max} \quad (37)$$

Após atingido o valor máximo, assume-se que a profundidade efetiva da raiz permanece constante até o ponto de maturidade fisiológica.

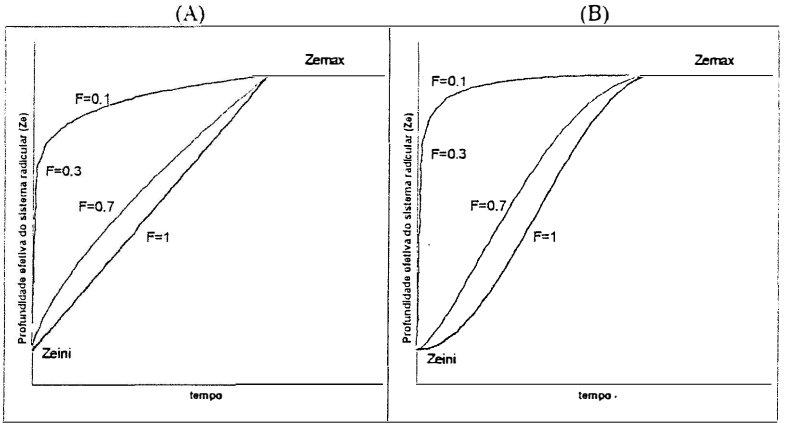


Figura 6. O efeito do fator de forma (F) da curva de crescimento do sistema radicular para as funções (A) linear e potencial, e (B) sigmoidal.

A definição do fator de forma do sistema radicular, juntamente com a profundidade máxima real observável, pode ser feita através de análise de regressão não linear, adotando um dos modelos disponíveis, utilizando o método dos mínimos quadrados (nesse caso, utilizar-se-á o método iterativo de Newton-Raphson), onde os dados utilizados para regressão são provenientes da simulação do crescimento radicular utilizando o modelo proposto por DIGGLE (1980) com algumas modificações.

2.1.3.5 Crescimento do sistema radicular

Estima-se a profundidade efetiva do sistema radicular como sendo o valor médio das profundidades estimadas em todos os dias do n-ésimo período em estudo:

$$Ze_n = \sum_{i=1}^{k_n} \frac{Ze_{i,n}}{k_n} \quad (38)$$

onde $Ze_{i,n}$ é a profundidade efetiva do sistema radicular no i-ésimo dia do n-ésimo período de interesse, e K_n é o número de dias que compõem o n-ésimo período.

2.1.4 Capacidade de campo

Segundo VEIHMEYER e HENDRICKSON (1949, 1956), capacidade de campo refere-se à quantidade máxima de água que o solo retém contra a ação da gravidade.

Os critérios mais usuais são: (i) fixar o potencial mátrico e adotar o teor de água correspondente como capacidade de campo (usualmente adotam-se os seguintes valores de potencial mátrico: ou -60, ou -100 ou -300 cm

de água), (ii) utilizar o valor de umidade correspondente ao ponto de inflexão da curva de retenção utilizando como variável dependente o logaritmo (ou o valor absoluto) do módulo do potencial mátrico (pF), (iii) determinar o teor de água no campo, após sua saturação, no instante em que a densidade de fluxo de água no solo, na direção vertical e no sentido descendente, se torna desprezível, quando o processo apresenta drenagem livre e impedimento à evaporação e transpiração.

Caso o critério escolhido seja o de adotar a umidade correspondente ao ponto de inflexão como capacidade de campo, adotando o modelo de van GENUCHTEN (1980), pode-se estimá-la através da seguinte expressão:

$$\theta_{inf} = \theta_r + (\theta_s - \theta_r)\left(\frac{m}{m+1}\right)^m \quad (39)$$

onde θ_{inf} refere-se à umidade (cm^3/cm^3) correspondente ao ponto de inflexão, θ_r à umidade (cm^3/cm^3) residual, θ_s à umidade (cm^3/cm^3) de saturação, e m ao parâmetro empírico do modelo de Van GENUCHTEN (1980), determinado através de análise de regressão não linear.

2.1.5 Ponto de murchamento permanente

Entende-se por ponto de murchamento permanente ao teor de água no solo tão baixo que uma cultura, após um determinado tempo, perde turgescência de forma irreversível. Por simplicidade, adota-se normalmente como umidade correspondente ao ponto de murchamento permanente o teor de água no solo correspondente ao potencial mátrico de -15 atm.

2.1.6 Água disponível

Água disponível (Arm_n, mm) é a quantidade de água armazenada no perfil do solo, da superfície à profundidade efetiva do sistema radicular, utilizando os teores médios de água correspondentes ao ponto de murchamento permanente e à umidade atual, assumindo que os valores de umidade atual (θa_n, cm^3/cm^3):

$$Arm_n = 10\left(\theta_{a_n} - \theta_{pmp}\right)Ze_n \quad (40)$$

onde Arm_n é a quantidade de água disponível referente ao n-ésimo período, e θa_n é a umidade atual no dia mediano do n-ésimo período.

2.1.7 Profundidade máxima de molhamento

Entende-se por profundidade máxima de molhamento (Zm_{max}, cm) à profundidade máxima que a água pode atingir no perfil do solo após uma chuva.

Essa profundidade é sempre superior, ou no mínimo igual à profundidade máxima efetiva do sistema radicular.

2.1.8 Redistribuição da chuva

No início do balanço hídrico assume-se que todo perfil de solo, até a profundidade máxima de molhamento, apresenta um único valor de umidade.

A partir daí, cada vez que ocorre um saldo negativo, há perda de água da camada de solo que possui raízes. Sendo assim, tem-se então duas camadas no perfil com diferentes teores médios de água, onde a camada que contém as raízes (θ_{com}, cm^3/cm^3) apresenta sempre umidade inferior ou, no máximo, igual à outra camada sem raízes (θ_{sem}, cm^3/cm^3).

Quando o saldo de um período é positivo, assume-se que a água é armazenada inicialmente na camada com raízes. A partir do momento em que a umidade média na camada com raízes se igualar à da camada subjacente (sem raízes em atividade), assume-se que a água infiltra até a profundidade máxima de molhamento, ou seja:

Se $S_n < (\theta_{sem-1} - \theta_{com-1})Ze_{n-1}$

$$\theta_{sem_n} = \theta_{sem_{n-1}} \quad (41)$$

e

$$\theta_{com_n} = \theta_{com_{n-1}} + \frac{S_n}{Ze_{n-1}} \quad (42)$$

Se $S_n < (\theta_{sem-1} - \theta_{com-1})Ze_{n-1}$ (43)

$$\theta_{sem_n} = \theta_{com_n} = \theta_{sem_n} + \frac{S_n - \left(\theta_{sem_{n-1}} - \theta_{com_{n-1}}\right)Ze_{n-1}}{Ze_n} \quad (44)$$

Depois desse procedimento, a camada com as raízes incorpora parte da camada sem

raízes, em consequência do crescimento do sistema radicular, e novamente calcula-se a umidade média equivalente da camada de solo com raízes da seguinte maneira:

$$\theta_{com_n} = \theta_{com_{n-1}} + \frac{(\theta_{sem_n} - \theta_{com_n})(Ze_n - Ze_{n-1})}{Ze_n} \quad (45)$$

2.1.9 Estimativa do armazenamento inicial

Caso não seja conhecida a umidade do solo no início do período de interesse, faz-se-á o balanço hídrico cíclico a partir dos dados de temperatura e chuva, usando como profundidade efetiva do sistema radicular a profundidade máxima de molhamento, e como coeficiente de cultura um valor especificado pelo usuário (no programa adota-se um valor padrão, o qual é alterável, correspondente ao coeficiente de cultura inicial).

Após executado o balanço hídrico cíclico, tem-se o armazenamento de água no solo, até a profundidade máxima de molhamento, em todos os períodos desse ano hipotético.

Sendo assim, utilizar-se-á o armazenamento correspondente ao período imediatamente anterior ao período de semeadura (ou plantio) para iniciar o balanço hídrico seqüencial.

2.1.10 Evapotranspiração real

Estimar-se-á a evapotranspiração real (ETr_n, mm) para todos os períodos pelo método proposto por THORNTHWAITE & MATHER:

Se $S_n \geq 0$:

$$ETr_n = ETm_n \quad (46)$$

Se $S_n < 0$:

$$ETr_n = C_n + |VA_n| \quad (47)$$

onde C_n (mm) refere-se à chuva, e VA_n (mm) à variação de armazenamento ocorrida no n-ésimo período, dada pela seguinte equação:

$$VA_n = Arm_n - Arm_{n-1} \quad (48)$$

2.1.11 Deficiência hídrica

Deficiência hídrica (DH_n, mm) é definido como a diferença entre a ETm_n e a ETr_n:

$$DH_n = ETm_n - ETr_n \text{ ; (Se } S_n < 0) \quad (49)$$

Existirá então déficit hídrico nos períodos em que a ETr_n é menor que a ETm_n, em consequência da chuva ocorrida no período e da variação de água armazenada no perfil de solo.

É imprescindível conhecer os períodos do ano em que ocorre déficit hídrico para tomada de decisões referentes aos diversos aspectos técnicos de manejo relacionados à economicidade da exploração agrícola, como a adoção da técnica de irrigação, época de semeadura, época, quantidade, tipos e modos de aplicação de fertilizantes a serem utilizados, o controle de plantas daninhas, o controle fitossanitário e escolha das espécies e variedades a serem exploradas comercialmente.

2.1.12 Excedente hídrico

Excedente hídrico (EH_n, mm) é definido como a diferença entre a quantidade de chuva de um período e a evapotranspiração real mais a variação do armazenamento:

$$EH_n = C_n - ETr_n - |VA_n| \text{ ; (Se } S_n \geq 0) \quad (50)$$

Existe então excedente hídrico quando a chuva excede a soma da evapotranspiração real e a quantidade de água que falta no solo para atingir a sua capacidade de armazenamento máximo.

2.1.13 Estimativa de rendimento

O rendimento esperado (Ye) é estimado utilizando a seguinte expressão:

$$Ye = YrYp \quad (51)$$

onde Yp é o rendimento potencial potencial estimado utilizando o modelo de DE WIT e Yr é o rendimento relativo:

$$Yr = \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^{3} DH_i Kc_i}{\sum_{i=1}^{3} ETm_i Kc_i}\right)\left(1 - \frac{\sum_{i=1}^{3} EH_i Kc_i}{\sum_{i=1}^{3} (C_i - ETm_i - VA_i) Kc_i}\right) \quad (52)$$

3. ASPECTOS PRÁTICOS

3.1 Controle de irrigação

O controle de irrigação pode ser realizado por diferentes métodos. Porém, os

mais utilizados no Brasil são os métodos do tensiômetro e o do tanque classe A.

3.1.1 Tensiômetro

Tensiômetro é um aparelho destinado à mensuração do potencial mátrico (Ψm, cm) da água no solo a uma dada profundidade (z, cm). No suposto equilíbrio estático, no caso específico de tensiômetro cujo líquido manométrico é o mercúrio a 25 °C, pode-se calcular o potencial mátrico utilizando a seguinte expressão:

$$\psi_m = -12{,}5h + h_c + z \qquad (53)$$

onde h_c refere-se à altura da cuba (cm) e h à altura (cm) de mercúrio.

Para estimativa do conteúdo de água no solo, utiliza-se a curva de retenção. Há vários modelos estatísticos relativos à obtenção da relação funcional entre o conteúdo de água no solo e potencial mátrico. O mais utilizado é o proposto por van GENUCHTEN (1980):

$$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{\left[1 + \left(-\alpha\Psi_m\right)^n\right]^m} \qquad (54)$$

onde θr e θs referem-se às umidades ($cm^3.cm^{-3}$) residual e de saturação, respectivamente, α, m e n aos parâmetros empíricos do modelo determinados através de análise de regressão não linear pelo método dos quadrados mínimos utilizando o procedimento generalizado de Newton-Raphson.

Sendo assim, para controle de irrigação, adota-se um valor de potencial mátrico crítico no intuito de definir QUANDO irrigar.

Após o valor crítico ser atingido, define-se QUANTO irrigar conhecendo a umidade atual, através da leitura do tensiômetro, a umidade referente à "capacidade de campo", e a profundidade efetiva do sistema radicular.

3.1.1.1 Manejo de irrigação

Com o auxílio do tensiômetro, pode-se controlar mais eficientemente a profundidade de aplicação de água à cultura de milho de forma a propiciar menor resistência física à penetração de raízes.

Em alguns solos, pode-se irrigar de forma a armazenar água na camada subsuperficial à explorada pelo sistema radicular. Esse manejo é adequado a sistemas de irrigação subdimensionados. Isso normalmente ocorre quando a demanda evapotranspiratória é elevada (época do florescimento, principalmente).

3.1.1.2 Determinação da profundidade efetiva do sistema radicular

O tensiômetro pode ser utilizado para determinação da profundidade efetiva do sistema radicular.

O procedimento usual é subdividir a profundidade do solo explorada pelo sistema radicular em cinco subcamadas. Para cada subcamada, instala-se um tensiômetro e confecciona-se uma curva de retenção de água no solo.

Define-se um período consecutivo de três dias próximo ao florescimento, sem chuva e irrigação, e elabora-se o perfil de umidade com auxílio das das dez leituras dos tensiômetros referentes aos dois dias extremos e das cinco curvas de retenção.

Através do perfil de umidade, calcula-se a evapotranspiração média diária por camada pela variação do armazenamento.

Definir-se-á profundidade efetiva do sistema radicular à profundidade do solo que faz com que a evapotranspiração acumulada seja igual a 95% da evapotranspiração total do período.

3.1.1.3 Aferição da herbigação

Para viabilizar a aplicação dos herbicidas pré-emergente e pré-plantio incorporado, deve-se averiguar a umidade do solo na camada superficial.

O tensiômetro pode ser utilizado para indicar até que profundidade (z, cm) foi aplicado o herbicida através da seguinte expressão:

$$z = \frac{h}{10\left(\theta_a - \theta_{pmp}\right)} \qquad (55)$$

onde h refere-se à lâmina (mm) de irrigação e θ_a e θ_{pmp} referem-se às umidades ($cm^3.cm^{-3}$) atual e a correspondente ao "ponto de murchamento permanente".

3.1.2 Tanque Classe A

O método do tanque classe A se resume na aplicação de água na QUANTIDADE equivalente a evapotranspiração acumulada QUANDO a umidade crítica no solo for atingida, a qual é estimada conhecento o armazenamento de água disponível inicial, chuva, irrigação e a evapotranspiração máxima (ETm).

A evapotranspiração máxima é estimada a partir da evapotranspiração de referência (Eto) pelo método da FAO.

A evapotranspiração de referência é estimada a partir da mensuração da evaporação do tanque classe A:

$$ETo = KpECA \qquad (56)$$

onde Kp refere-se ao coeficiente do tanque classe A (FAO).

3.1.3 Método associado

Devido às limitações de utilização prática do tensiômetro, sugere-se o método associado, que contempla a utilização conjunta do tensiômetro e do tanque classe A nas três primeiras safras, no intuito de aferir os coeficientes empíricos Kp e Kc. Após a calibração do método do tanque classe A, sugere-se utilizá-lo isoladamente para o controle de irrigação, com averiguações rotineiras.

Nesse procedimento, utilizam-se os tensiômetros para elaborar o balanço hídrico de água no solo. Pela variação de armazenamento, estima-se evapotranspiração no intuito de aferir os coeficientes empíricos Kp e Kc.

Não se recomenda o uso contínuo de tensiômetros devido às seguintes limitações: 1. variabilidade espacial e temporal da curva de retenção, 2. limitação metodológica para elaboração da curva de retenção, 3. faixa adequada de funcionamento do tensiômetro (O tensiômetro funciona de forma adequada na "faixa úmida". A medida que o solo vai secando, necessita-se de um número maior de tensiômetros para estimativa da média), 4. tempo de resposta, 5. histerese, 6. potencial mátrico crítico mínimo de funcionamento, 7. faixa relativa reduzida da capacidade de água disponível de alguns solos, 8. instalação, e 9. operação (fluxagem rotineira e sempre que houver uma chuva ou irrigação).

3.2 Quimigação

Define-se quimigação como sendo a aplicação de produtos químicos via água de irrigação (Tabela 3).

Tabela 3. Quimigação.

Produto químico	Técnica
Fertilizante	Fertirrigigação
Inseticida	Insetigação
Herbicida	Herbigação
Fungicida	Fungigação

Para escolha dos fertilizantes a serem aplicados via água de irrigação, deve ser levado em consideração os seguintes aspectos: 1. solubilidade, 2. pureza, 3. compatibilidade de mistura, 4. preço, 5. concentração, 6. disponibilidade no mercado, 7. facilidade de manuseio, 8. facilidade de armazenagem, 9. toxidade e 10. informação de pesquisa.

A fertirrigação tem como alvo o solo. Portanto, deve-se aplicar os fertilizantes verificando a marcha de absorção dos diferentes nutrientes.

Recomenda-se, para efeito de planejamento, a aplicação de fertizantes que contém nitrogênio, potássio, zinco e boro, principalmente.

Fósforo também pode ser utilizado em casos em que haja o cuidado da lavagem do sistema de irrigação de irrigação após a aplicação do produto, pois todos os produtos fodforados apresentam alto poder corrosivo.

Normalmente, os produtos que contém cálcio apresentam baixa solubidade ocasionando entupimento dos emissores.

Devido a esse problema, cálcio não deve ser colocado como prática rotineira.

Para aplicação de micronutrientes, deve-se levar em consideração a uniformidade de aplicação de água do sistema de irrigação, pois esses elementos podem passar da situação de deficiência para fitoxidez se não for verificada a oscilação dos valores de lâminas aplicadas em torno da lâmina média.

Os inseticidas (exceção: inseticidas para controle da lagarda do cartucho), herbicidas e fungicidas que têm a parte aérea da planta como alvo, devem ser aplicados através do sistema Notliada.

O sistema Notliada consiste na aplicação de inseticidas, herbicidas e fungicidas com caldas iguais às utilizadas por trator ou avião.

O sistema consiste de um conjunto moto-bomba de baixa potência instalado na área a ser irrigada de forma a propiciar aplicação adequada do produto desejado.

No caso do sistema de irrigação do tipo pivô central, faz-se a injeção da calda no centro do pivô no intuito de minimizar riscos de poluição de aqüíferos e problemas de desgaste no rotor da bomba e na adutora.

A distribuição do produto aplicado apresenta a mesma distribuição da água de irrigação devido ao regime turbulento de escoamento. Porém, cabe salientar que a homogeneização da calda, antes da injeção, no sistema de irrigação do tipo pivô central e autopropelido é mais importante que em sistemas convencionais fixos de irrigação por aspersão, microaspersão e gotejamento.

3.3 População

Os principais fatores que afetam população de plantas são: arquitetura de planta, balanço hídrico (disponibilidade de água no solo, chuva e/ou irrigação e evapotranspiração), fertilidade do solo, prolificidade, altura da espiga na planta, resistência do colmo ao acamamento e nível tecnológico (rendimento almejado) (FANCELLI, 1986).

A rigor, a primeira etapa do manejo é a definição do rendimento almejado, o qual deve ser o máximo econômico e definirá o nível tecnológico a ser adotado.

Em agricultura irrigada, assume-se alto nível de manejo, onde não há limitação hídrica. Não havendo limitação de fertilidade do solo e de outros fatores supostamente controláveis (pragas, doenças e plantas daninhas), deve-se trabalhar com a máxima população, observando as limitações relativa à arquitetura da planta e às condições climáticas (radiação solar, e temperaturas diurnas e noturnas, principalmente).

Em agricultura de terras altas, onde apresenta limitação hídrica, a população deve ser definida ao nível de propriedade.

Qualquer que seja a população definida, deve-se procurar a distribuição de plantas de forma a propiciar a exploração pelo sistema radicular a mais eqüitativa possível no intuito de minimizar competição entre plantas por água e nutrientes minerais. Para tal, deve-se observar velocidade e profundidade de semeadura, limitação de máquinas e implementos agrícolas (espaçamento entre fileiras e número de plantas por metro linear) e qualidade da semente.

3.4 Época de semeadura

Para definição de época de semeadura, deve-se levar em consideração soma calórica, o número de dias ótimo ao florescimento e ao ponto de maturidade fisiológica e disponibilidade hídrica durante as fases de florescimento e enchimento de grãos (FANCELLI, 1986).

Em agricultura irrigada, a determinação da época de semeadura deve levar em consideração a soma calórica e o número de dias ótimo ao florescimento e ao ponto de maturidade fisiológica, no intuito de propiciar melhor desempenho fisiológico do material genético.

Além da soma calórica e do número de dias ótimo ao florescimento e ao ponto de maturidade fisiológica, em agricultura de terras altas com limitação hídrica, deve-se levar em consideração a probabilidade de chuva para atendimento de pelo menos 85% da demanda evapotranspiratória durante o

florescimento e período de enchimento de grãos.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BÖHM, W. Methods of studying root systems. Ecological Studies Vol. 33. Springer Verlag, Berlin, 1979. 188 p.

BRAGG, P. L.; GOVI, G.; CANNEL, R. Q. A comparison of methods, including angled and vertical minirhizotrons, for studying root growth and distribution in a spring oat crop. **Plant and Soil, 73**:435-40, 1983.

CANNEL, R. Q. A rapid method for estimating the distribution of roots in the field. IN: RUSSEL, R. S.; IGUE, K.; MEHTA, Y. R. (ed.) The soil/root system in relation to brazilian agriculture. Londrina, Fundação Instituto Agronômico do Paraná, 1981. p. 339-43.

CLAUSTNITZER, V. & HOPMANS, J. W. An algorithm for three dimensional, simultaneous modeling of root growth and transient soil water flow (version 1.0). Davis, LAWR/UCDAVIS, 1993. 108p.

DIGGLE, A.J. ROOTMAP: a model in three-dimensional coordinates of the growth and structure of fibrous root systems. **Plant and Soil, 105**:169-78, 1988.

DOURADO NETO, D. & LOPEZ, J.C.M. Determinação da profundidade efetiva do sistema radicular e da evapotranspiração média na cultura do milho (*Zea mays* L.): um exemplo prático. Brasília, ITEM, ABID, 30:21-3, 1987.

DOURADO NETO, D.; LIBARDI, P.L.; MORAES, S.O. & TURATTI, A. Variabilidade espacial de potenciais da solução do solo. **In**: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 22, Recife, 1989. Programas e resumos. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1989. p.61-62.

DOURADO NETO, D. Aspectos práticos de manejo de sistema de irrigação e fertirrigação na cultura de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **In**: FANCELLI, Coord. A cultura do feijão irrigado. Piracicaba, FEALQ, ESALQ, 1990. p.115-36.

DOURADO NETO, D.; JONG VAN LIER, Q. de; OMETTO, J.C. BARBIERI, V. Programa para confecção do balanço hídrico e classificação climática. **In**: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 7. Viçosa, 1991. Resumos. Viçosa, SBA-UFV, 1991. p. 113-5.

DOURADO NETO, D.; SILVEIRA, J.A.G. da & LIBARDI, P.L. Determinação da "capacidade de vaso", em casa-de-vegetação, na cultura de milho (*Zea mays* L.). Piracicaba, CENA, ESALQ, 1991. (Relatório técnico).

DOURADO NETO, D.; JONG VAN LIER, Q. de & SAAD, A.M. Métodos de controle de irrigação. **In**: DOURADO NETO, D. et al. (ed.). CURSO DE AGRICULTURA IRRIGADA. Piracicaba, Departamento de Agricultura,.ESALQ, 1991. p.85-98.

DOORENBOS, J. e PRUITT, W.O. Guidelines for predicting crop water requirements. Rome, FAO, 1975. 179 p. (Irrigation and Drainage Paper, 24).

FANCELLI, A.L. Plantas Alimentícias : Guia para aula, estudos e discussão.Centro Acadêmico Luiz de Queiroz .Piracicaba, ESALQ, 1986. 131p.

HACKETT, C. & ROSE, D. A. A model of the extension and branching of a seminal root of barley, and its use in studying relations between root dimensions. 1. The model. **Australian Journal of Biological Sciences, 25**: 669-79, 1972.

KATZ, R.W. & PARLANGE, M.B. Effects of an index of atmosferic circulation on stochastic properties of precipitation. Water Resources Research, 29(7):2335-2344, 1993.

KATZ, R.W. & PARLANGE, M.B. Generalizations of chain-dependent processes: application to hourly precipitation. NCAR 185010/94-1, 1994. 54p.

KLEPPER, B.; BELFORD, R. K.; RICKMAN, R. W. Root and shoot development in winter wheat. **Agronomy Journal**, 76:117-22, 1984.

KÖPKE, U. Methods for studying root growth. IN: RUSSEL, R. S.; IGUE, K.; MEHTA, Y. R. (ed.) The soil/root system in relation to brazilian agriculture. Londrina, Fundação Instituto Agronômico do Paraná, 1981. p. 303-18.

LUNGLEY, D. R. The growth of root systems - a numerical computer simulation model. **Plant and Soil**, 38:145-59, 1973.

MAAS, E.V. & GRATTAN, S.R. Crops yields as affected by salinity. (to appear in Agricultural Drainage. R.W. SKAGGS and J. VAN SCHILFGAARDE, editors. Am. Soc. Agron. Madison, WI).

MAIA, P.C.S.; FRIZZONE, J.A. & DOURADO NETO, D. Aplicação de fertilizantes e herbicidas via água de irrigação. **In**: FANCELLI, A.L., Coord. Feijão irrigado. Piracicaba, Departamento de Agricultura, 1990. p.96-109.

PAGES MATALAS, N.C. Mathematical assessment of synthetic hydrology. Water Resources Research, 3(4):937-945, 1967.

PALTRIDGE, G.W. e PLATT, C.M.R. Radiative processes in meteorology and climatology. Amsterdam, Elsevier Scientific Publishing Company, 1976. (Developments in Atmospheric Sciece, 5).

PEARSON, R. W. Significance of rooting pattern to crop production and some problems of root research. IN: CARSON, E. W. (ed.) The plant root and its environment. University Press of Virginia. 1974. p. 247-70.

PORTER, J. R.; KLEPPER, B.; BELFORD, R. K.; A model (WHTROOT) which synchronizes root growth and development with shoot development for winter wheat. **Plant and Soil**, 92:133-45, 1986.

ROSE, D. A. The description of the growth of root systems. **Plant and Soil**, 75:405-15, 1983.

SAAD, A.M.; DOURADO NETO, D. & JONG VAN LIER, Q. de. Controle de irrigação em equipamentos pivô central: exemplo de aplicação na cultura do feijoeiro. **In**: DOURADO NETO, D. et al. (ed.). CURSO DE AGRICULTURA IRRIGADA. Piracicaba, Departamento de Agricultura, ESALQ, 1991. p.99-119.

SCHUURMAN, J. J. & GOEDEWAAGEN, M. A. J. Methods for the examination of root systems and roots. Centre for agricultural publishing and documentation, Wageningen, 1971. 86 p.

SEDIYAMA, G.C. Necessidade de água para os cultivos. Brasília, 1988. 143 p. (ABEAS. Curso de Engenharia de Irrigação. Módulo 4).

SMIT, A. L.; GROENWOLD, J.; VOS, J. The Wageningen Rhizolab - a facility to study soil-root-shoot-atmosphere interactions in crops. II- Methods of root observations. **Plant and Soil**, 161:289-98, 1994.

TARDIEU, F. Analysis of the spatial variability of maize root density. I- Effect of wheel compaction on the spatial arrangement of roots. **Plant and Soil**, 107:259-66, 1988.

TARDIEU, F. Analysis of the spatial variability of maize root density. II- Distances between roots. **Plant and Soil**, 107:267-72, 1988.

TAYLOR, H. M. & WILLATT, S. T. Utilization of rhizotrons in root research. IN: RUSSEL, R. S.; IGUE, K.; MEHTA, Y. R. (ed.) The soil/root

system in relation to brazilian agriculture. Londrina, Fundação Instituto Agronômico do Paraná, 1981. p. 319-37.

THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. Geographical Review, New York, 38 (1):55-94, 1948.

THORNTHWAITE, C.W. e MATHER, J.R. The water balance. Drexel Institute of Technology, 8(1):1-14, 1955.

VAN DE GEIJN, S. C.; VOS, J.; GROENWOLD, J.; GOUDRIAAN, J.; LEFFELAAR, P. A. The Wageningen Rhizolab - a facility to study soil-root-shoot-atmosphere interactions in crops. I- Description of main functions. **Plant and Soil**, **161**:275-87, 1994.

VAN GENUCHTEN, M.Th. & GUPTA, S.K. A reassessment of the crop salt tolerance response function. U.S. Salinity Laboratory/Central Soil Salinity Research Institute-India. (To appear in "Indian J. Agric. Sci.").

VAN GENUCHTEN, M.Th. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil Sci. Soc. Am. J., 41:892-8, 1980.

WADDINGTON, J. Observation of plant roots in situ. **Canadian Journal of Botany**, **49**:1850-2, 1971.

WIT, C.T. & GOUDRIAAN, A.H. Simulation of ecological processes. 2nd. ed. New York, Wiley, 1978 (revised and extended).

MILHO: ECOFISIOLOGIA E RENDIMENTO

Antônio Luiz Fancelli[1]
Durval Dourado-Neto[2]

1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é considerada uma das principais espécies utilizadas no mundo, visto que anualmente são cultivados cerca de 132 milhões de hectares, os quais contribuem para a produção de aproximadamente 500 milhões de toneladas de grãos.

O milho, comparativamente a outras espécies cultivadas, tem experimentado avanços significativos nas mais diversas áreas do conhecimento agronômico, bem como naquelas concernentes à ecologia e etnobiologia, propiciando melhor compreensão de suas relações com o meio e o homem. Tais interações mostram-se fundamentais para o exercício da previsão de comportamento da planta, quando submetida a estímulos e ações negativas advindas da atuação de agentes bióticos e abióticos no sistema produtivo.

O referido artigo objetiva contribuir para a ampliação do conhecimento da planta de milho, bem como fornecer subsídios e elementos para o estabelecimento de programas eficientes e racionais de manejo da referida cultura.

2. ELEMENTOS DO CLIMA

O milho, sendo uma planta de origem tropical, exige, durante o seu ciclo vegetativo, calor e umidade para se desenvolver e produzir satisfatoriamente, proporcionando rendimentos compensadores.

Os processos da fotossíntese, respiração, transpiração e evaporação, são funções diretas da energia disponível no ambiente, comumente designada por calor: ao passo que, o crescimento, desenvolvimento e translocação de fotoassimilados encontram-se ligados à disponibilidade hídrica do solo, sendo que seus efeitos são mais pronunciados em condições de altas temperaturas, onde a taxa de evapotranspiração é elevada.

Há muitos séculos, o milho vem sendo utilizado como alimento e, em decorrência sua extrema importância, o homem tem procurado sempre ampliar os limites geográficos da sua produção.

Atualmente, a referida espécie, mediante a seleção orientada de variedades e híbridos, bem como o aprimoramento de métodos adequados de manejo, vem sendo cultivada em regiões compreendidas entre 58° de latitude Norte (Canadá e União Soviética) a 40° de latitude Sul (Argentina), distribuídas nas mais diversas altitudes; encontrando-se cultivada desde localidades situadas abaixo do nível do mar (Região do Mar Cáspio) até regiões apresentando mais de 2.500 m de altitude, nos Andes Peruanos.

Independentemente da tecnologia aplicada, o período de tempo e as condições climáticas em que a cultura é submetida constituem-se em preponderantes fatores de produção. Dentre os elementos de clima conhecidos para se avaliar a viabilidade e a estação para a implantação das mais diversas

[1] Professor do Departamento de Agricultura. ESALQ/USP. Caixa Postal 09. Piracicaba - SP. CEP: 13.418-900. Email: alfancel@carpa.ciagri.usp.br.
[2] Professor do Departamento de Agricultura. ESALQ/USP. Caixa Postal 09. Piracicaba - SP. CEP: 13.418-900. Email: dourado@carpa.ciagri.usp.br.

atividades agrícolas, a temperatura e a precipitação pluvial são os mais conhecidos.

Para a cultura do milho, muito se tem estudado sob o ponto de vista de suas exigências climáticas, sempre objetivando o aumento do rendimento agrícola. Desta feita, algumas condições ideais para o desenvolvimento desse cereal podem ser apontadas: a) Por ocasião da semeadura, o solo deverá apresentar-se com temperatura superior a 10°C, aliado a umidade próxima à capacidade de campo, possibilitando o desencadeamento dos processos de germinação e emergência; b) Durante o crescimento e desenvolvimento das plantas, a temperatura média do ar deverá girar em torno de 25°C e encontrar-se associada à adequada disponibilidade de água no solo e abundância de luz; c) Temperatura e luminosidade favoráveis, elevada disponibilidade de água no solo e umidade relativa do ar superior a 70%, são requerimentos básicos durante a floração e enchimento dos grãos; d) Ocorrência de período predominantemente seco por ocasião da colheita.

2.1 Temperatura

Inúmeras evidências experimentais apontam que a temperatura constitui-se em um dos fatores de produção mais importante e decisivo para o desenvolvimento do milho, embora a água e demais componentes climáticos exerçam diretamente sua influência no processo.

Regiões cujo verão apresentam temperatura média diurna inferior a 19°C e noites com temperaturas médias abaixo de 12,8°C, não são recomendadas para a cultura do milho.

Temperaturas do solo inferiores a 10°C e superiores a 42°C prejudicam sensivelmente a germinação, ao passo que aquelas situadas entre 25 e 30°C propiciam as melhores condições para o desencadeamento dos processos de germinação das sementes e emergência das plântulas. Por ocasião do período de florescimento e maturação, temperaturas média diárias superiores a 26°C podem promover a aceleração dessas fases, da mesma forma que temperaturas inferiores a 15,5°C podem prontamente retardá-las (BERGER, 1962). Resultados experimentais relatam que a cada grau de temperatura média diária superior a 21,1°C, nos primeiros 50-60 dias após a semeadura, pode apressar o florescimento de dois a três dias.

Ainda, o rendimento do milho pode ser reduzido, bem como ser alterada a composição protéica dos grãos, quando da ocorrência de temperaturas acima de 35°C, por ocasião do período de formação do grão. Tal efeito, está relacionado à diminuição da atividade da reductase do nitrato e, consequentemente, interferindo no processo de transformação do nitrogênio disponível para a planta.

Ainda, a elevação da temperatura contribui para a redução da taxa fotossintética líquida em função do aumento da respiração, afetando diretamente a produção. Por essa razão, temperaturas elevadas prevalecentes no período noturno (>24°C) promovem um consumo energético demasiado, em função do incremento da respiração celular, ocasionando menor saldo de fotoassimilados, com conseqüente queda no rendimento da cultura. Cumpre salientar que a queda de rendimento em grãos na condição mencionada (temperatura noturna elevada) pode ser também determinada pela redução acentuada do ciclo da planta, em função do incremento da somatória calórica. Da mesma maneira, temperaturas acima de 32°C reduzem, sensivelmente, a viabilidade e a germinação do grão de pólen, por ocasião de sua emissão.

A maioria dos híbridos atuais não se desenvolve em temperaturas inferiores a 10°C, que é considerada a temperatura basal para a espécie. Todavia, segundo alguns trabalhos de pesquisa, a temperatura basal para cultivares tardios é maior do que aquele correspondente aos cultivares superprecoces e precoces (BERLATO & SUTILI, 1976). Na literatura são mencionados valores distintos relacionados a temperatura basal para o milho, tais como: 6°C (BLOC & GOUET, 1976); 8°C (KYNIRY & BONHOMME,

1991; BRUNINI et al, 1981); 9°C (CIRILO, 1994) e 10°C (TOLLENAAR et al., 1979)

O milho, em função de suas etapas de desenvolvimento, necessita acumular quantidades distintas de energia térmica ou calor, que são designadas como unidades calóricas (U.C.), unidades térmicas de desenvolvimento (U.T.D) ou graus-dia (G.D.).

Graus-dia (G.D.) é definido como sendo a diferença entre a temperatura média diária e a temperatura mínima ou temperatura base exigida por uma espécie (VILLA NOVA et al., 1972).

Em termos genéricos, os cultivares de milho de ciclo normal ou tardios, disponíveis no mercado, apresentam exigências calóricas correspondentes a 890-1200 G.D. Para os cultivares de ciclo precoce as exigências térmicas encontram-se entre 831-890 G.D., enquanto que para os superprecoces, 780-830 G.D., tem se mostrado satisfatório. Ressalta-se, no entanto que as exigências calóricas acima mencionadas referem-se ao cumprimento das etapas fenológicas compreendidas entre a emergência e a antese (início da polinização).

Ainda, convém lembrar que a não observância das exigências térmicas mencionadas poderá acarretar o prolongamento ou a redução da fase vegetativa da cultura do milho, comprometendo o desempenho da planta e, conseqüentemente, o potencial de produção.

O emprego de cultivares superprecoces em condições de acentuado calor (somatória calórica elevada), comumente relacionadas à semeadura tardia, além de ocasionar a redução do potencial produtivo da cultura, poderá predispor a planta de milho a maior incidência de doenças, em virtude da elevação do nível de estresse provocado pela inadequação do genótipo às condições de ambiente designadas.(LIMA & FANCELLI, 1995).

2.2 Luz

A energia solar que atinge a Terra é constituída por um conjunto de radiações cujos comprimentos de ondas variam de forma, aproximadamente, continua desde 0,2 a 4 micra. O referido conjunto de radiações é denominado de espectro solar. A radiação fotossinteticamente ativa é aquela que induz resposta no processo da fotossíntese, sendo geralmente relacionada aos limites de 0,4 a 0,7μm.

As radiações de valor fisiológico presentes no espectro e usadas na fotossíntese são absorvidas, primariamente, pela clorofila e, em seguida, utilizadas na transformação de CO_2 em carboidratos. O pigmento primário, a clorofila a, é um composto de cadeia tetra-pirrólica unida ao íon magnésio, a qual encontra-se concentrada nos grana dos cloroplastos. A clorofila b (pigmento acessório) possui estrutura semelhante, porém seu teor corresponde a 1/3 da clorofila a, na maioria dos vegetais.

Com relação à luz, a cultura do milho responde com altos rendimentos a intensidades luminosas crescentes, em virtude de pertencer ao grupo de plantas de fisiologia "C4", o que lhe confere alta produtividade biológica.

Ainda, o mencionado cereal é, originalmente, uma planta de dias curtos, embora os limites destas horas de luz não sejam idênticos e nem bem definidos para aos diferentes cultivares. A ocorrência de dias longos pode promover o aumento de sua fase vegetativa e do número de folhas, ocasionando o atraso no florescimento (FERRAZ, 1966).Contudo, trabalhos recentes determinaram que respostas nítidas de plantas de milho ao fotoperíodo apenas ocorrem a partir de latitudes superiores a 33 °.

A redução de 30 a 40% da intensidade luminosa, na cultura do milho ocasiona um atraso na maturação dos grãos, principalmente em híbridos normais, que mostram-se mais sensíveis à carência de luz. A maior sensibilidade à variação de luminosidade é verificada no início da fase reprodutiva, ou seja, no período correspondente aos primeiros 10-15 dias após o florescimento. Nessa fase, a redução da disponibilidade de radiação luminosa ocasiona a diminuição da densidade (massa específica) ou peso de grãos

A disponibilidade de luz para a cultura é também reduzida pela presença de estruturas não fotossintetizadoras, como as panículas do milho que que, segundo DUNCAN et al. (1967), podem interceptar até 9% da radiação luminosa em lavouras apresentando 50.000 plantas/ha.

Assim, o aproveitamento efetivo da luz por parte do milho é decisivamente influenciado pela distribuição espacial das plantas na área, pelo arranjamento das folhas na planta (arquitetura foliar) e pela extensão da área foliar presente (duração da área foliar). Evidências experimentais têm demonstrado que, quando o Índice de Área Foliar (IAF) é baixo, plantas com arquitetura foliar horizontal são mais eficientes na interceptação da luz. Em contrapartida, plantas com folhas mais eretas podem contribuir significativamente para o incremento da produtividade biológica, em função do aumento da área foliar por unidade de terreno (MAGALHÃES e SILVA, 1987). Ainda, o aproveitamento efetivo do espectro solar pode ser incrementado pela melhor distribuição espacial de plantas na área, mediante combinações adequadas entre o espaçamento das linhas e o número de plantas. A referida estratégia, segundo FANCELLI (1994), freqüentemente, proporciona melhores resultados que o aumento de plantas na área, quando considerada a faixa populacional entre 55.000 e 70.000 plantas/ha.

2.3 Vento

A incidência de ventos em lavouras de milho pode aumentar a demanda de água por parte da planta, tornando-a mais suscetível aos períodos curtos de estiagem, além de promover o acamamento da cultura. Da mesma forma, ventos frios ou quentes podem ocasionar falhas na polinização, constituindo-se, freqüentemente, em importante fator limitante na produção de milho de algumas regiões (ARNON, 1975).

Plantas de milho apresentando 4 a 10 folhas, quando submetidas a ventos podem ser significativamente prejudicadas, quanto ao crescimento e desenvolvimento. A evidência de folhas apresentando bordas esbranquiçadas e secas, bem como limbos enrolados podem ser atribuídos à incidência de ventos. Também, plantas instaladas em solos arenosos e sem cobertura morta, podem sofrer o efeito abrasivo de partículas deslocadas pela ação do vento.

2.4 Água

À água constitui-se num dos mais importantes elementos de seleção do tipo de vegetação que se desenvolve numa região. Portanto, a necessidade de adequado suprimento hídrico para o pleno desenvolvimento dos vegetais, decorre das múltiplas funções que a água desempenha na fisiologia das plantas; pois, praticamente todos os processos metabólicos são influenciados pela sua presença. Assim, se deficiências hídricas iniciais podem afetar sensivelmente o processo germinativo comprometendo o estabelecimento da cultura, deficiências posteriores poderão paralisar o crescimento, bem como retardar o desenvolvimento reprodutivo das plantas.

Para o milho, as maiores exigências em água se concentram na fase de emergência, florescimento e formação do grão. Todavia, no período compreendido entre 15 dias antes (emborrachamento) e 15 dias após o pleno florescimento (grãos leitosos), o requerimento de um suprimento hídrico satisfatório aliado a temperaturas adequadas tornam tal período extremamente crítico. Daí, a razão pela qual a mencionada fase deve ser criteriosamente planejada, com o intuito de coincidir com o período estacional que apresente temperaturas favoráveis (25 a 30°C) e chuvas freqüentes (FRATTINI, 1975).

A cultura do milho exige um mínimo de 400-600mm de precipitação pluvial para que produza a contento, sem a necessidade da utilização da prática de irrigação. Porém, a falta de água está associada a interferência nos processos de síntese de proteína e RNA, resultando no aumento da quantidade de aminoácidos livres. Da mesma forma, estresses hídricos podem ocasionar a redução no vigor vegetativo e na altura da planta, bem

como na produção e fertilidade do pólen, além de alterar sobremaneira o sincronismo de funcionamento das inflorescências masculinas e femininas.

Para alguns autores, a ocorrência de ligeiros estresses hídricos, no início do desenvolvimento da cultura, pode concorrer para estimular um maior desenvolvimento radicular das plantas, desde que o solo, abaixo de 20cm da superfície, apresente-se abastecido com água disponível. Períodos de deficiências hídricas de uma semana por ocasião do pendoamento podem provocar, segundo PENCKEL (1964), queda de produção ao redor de 40-50%, ao passo que sob as mesmas condições, escassez hídrica posterior à polinização acarretará danos à produção da ordem de 25-32%. Para BRUNINI et al. (1981) cultivares de ciclo curto (superprecoces e precoces) apresentam menor consumo total de água quando comparados àqueles de ciclo normal.

O consumo de água por parte do milho, num clima quente e seco, raramente excede 3 mm/dia, enquanto a planta estiver com altura inferior `a 30 cm ou apresentando 6 a 7 folhas. Porém, durante o período compreendido entre o espigamento e a maturação, o consumo pode se elevar para 5 a 7,5 mm diários. Outras observações experimentais referentes a essa cultura, evidenciam índices diários de consumo de água próximos a 10 mm, quando as plantas estiverem submetidas a condições de intenso calor e baixa umidade relativa do ar (DAKER, 1970).

Cumpre também ressaltar, que a quantidade de água disponível para a cultura, encontra-se na dependência da capacidade exploratória das raízes, do armazenamento de água do solo e da densidade radicular da planta. Assim, o manejo racional do solo e da cultura, reveste-se de suma importância, para o crescimento e distribuição do sistema radicular, favorecendo o aproveitamento eficiente da água e de nutrientes.

Para SAAD (1991) existem diferenças acentuadas na profundidade efetiva da extração da solução do solo pelas raízes das culturas anuais. Segundo o mesmo autor, em condições tropicais a profundidade efetiva de raízes raramente ultrapassa 30cm, enquanto que em regiões de clima temperado podem atingir valores superiores a 1,0m, sem muita dificuldade. Face ao exposto, a construção da fertilidade de subsuperfície e a atenção especial à vida do solo, constituem-se em fatores preponderantes de sucesso para a agricultura desenvolvidas em condições tropicais e subtropicais.

Para estimar o fator umidade no clima de uma região, não bastam as informações da precipitação pluvial, é indispensável considerar as perdas hídricas através da evapotranspiração.

A evapotranspiração pode ser definida como potencial e real. A primeira considera a perda natural da água para a atmosfera, de um solo inteiramente vegetado, sem restrições de umidade; ao passo que a segunda diz respeito à quantidade real de água que retorna à atmosfera, conforme o estado de umidade do solo.

O cálculo da evapotranspiração potencial pelo método de Thornthwaite (1948) é fundamentado em dados de temperatura média e da latitude do lugar, valendo-se para tanto de monogramas e tabelas apropriadas. Assim, um balanço entre esses processos meteorológicos opostos - a precipitação pluvial e a evapotranspiração - denominado Balanço Hídrico, pode indicar de forma mais consistente a disponibilidade hídrica de uma região, no decorrer do ano. Sua implementação contribuirá, efetivamente, no planejamento da cultura, além de propiciar o fornecimento de valiosas informações concernentes à prática da irrigação.

3. ECOFISIOLOGIA

A planta de milho é considerada como sendo um das mais eficientes na conversão de energia radiante e, consequentemente, na produção de biomassa, visto que uma semente que pesa, em média, 260mg, resulta em um período de tempo próximo a 140 dias cerca de 0,8 a 1,2 kg de biomassa por planta e 180 a 250 g de grãos por planta, multiplicando,

aproximadamente, 1000 vezes o peso da semente que a originou.

Para ANDRADE (1995), apesar do elevado potencial produtivo, o milho apresenta acentuada sensibilidade a estresse de natureza biótica e abiótica, que aliada a sua pequena plasticidade foliar, reduzida prolificidade e baixa capacidade de compensação efetiva, seu cultivo necessita ser rigorosamente planejado e criteriosamente manejado, objetivando a manifestação de sua capacidade produtiva.

Assim, o conhecimento da influência efetiva dos fatores que determinam a fenologia do milho, poderá contribuir de forma decisiva na escolha e adequação do genótipo em função das limitações locais de ambiente. Ainda, tal fato favorecerá a predição ou previsão da duração das etapas de desenvolvimento da planta, bem como a coincidência dessas etapas com condições desfavoráveis de oferta dos fatores de produção.

Para o milho, o potencial de produção é definido precocemente, ou seja por ocasião da emissão da 4ª folha, podendo se estender até a 6ª folha, principalmente em função da natureza protândrica dos principais genótipos utilizados no Brasil. A referida etapa é denominada de diferenciação floral, a qual também coincide com o término da fase de diferenciação das folhas. Portanto, nessa etapa já estará definida a área foliar potencial que a planta poderá apresentar. Da mesma forma, a determinação do número de fileiras da espiga, ocorrerá entre o período correspondente a emissão da 7ª e 9ª folha completamente expandida, devido às transformações ocorridas na gema axilar que dará origem à espiga. Segundo DWYER et al. (1992), a primeira gema axilar que muda do estado vegetativo para o estado reprodutivo é a gema superior, isto é, aquela posicionada entre a 5ª e a 7ª folha abaixo da panícula. No milho, pode ser encontrado até sete gemas em estado de diferenciação floral, porém nunca acima daquela que primeiro se diferenciou. (FISCHER & PALMER, 1984).

O número de fileiras e o número de óvulos contidos na espiga é afetado significativamente pela temperatura e pelo genótipo (BERTRAND, 1991), sendo porém pouco sensíveis a radiação solar, disponibilidade de nitrogênio, densidade de plantas e época de semeadura (UHART & ANDRADE, 1995).

A superficie da folha fotossintéticamente ativa em relação à unidade de superficie de solo é denominada de índice de área foliar (IAF). Tal parâmetro permite estimar o grau de desenvolvimento da planta e o potencial de interceptação de energia radiante. Ainda, o IAF que determina a taxa máxima de crescimento é conhecido como IAF crítico, o qual varia em função do ambiente que a planta estiver submetida. O IAF crítico para a cultura do milho oscila entre valores de 3 a 5, de acordo com a região, genótipo e sistema de produção considerados.

A área foliar pode ser avaliada através de inúmeros equipamentos e métodos, porém ANTUNES et al. (1997), objetivando maior praticidade na avaliação desse parâmetro, propuseram o método indireto da determinação do índice de área foliar mediante o uso do valor da altura de plantas, através do seguinte modelo quadrático:

$$IAF = a.h^2 + b.h \quad (1)$$

onde: IAF = índice de área foliar ($m^2.m^{-2}$); a e b = parâmetros empíricos do modelo determinados através de análise de regressão (a = -0,00033 e b = 0,0967) e h = altura da planta (cm).

Para o milho manifestar sua elevada capacidade de produção de biomassa, será necessário que a planta apresente adequada estrutura de interceptação da radiação disponível, que somente poderá ser obtida quando for evidenciado pelo menos 90 % de sua área foliar máxima. Assim, quanto mais cedo tal condição for atingida maior será a taxa de crescimento e a garantia de velocidade metabólica satisfatória.

Os valores ótimos de interceptação da radiação incidente (90-95% da área foliar máxima) para a cultura de milho é função da disponibilidade de água, de nutrientes, temperatura, da população de plantas e, sobretudo, da distribuição espacial das plantas na área.

Em trabalho realizado por ANDRADE (1995), ficou comprovado que baixa população de plantas requer maior período de tempo para ser atingido o índice foliar crítico que, em alguns locais, pode nem ser obtido. Por outro lado, populações excessivas poderão acarretar o sombreamento prematuro de folhas, reduzindo, da mesma forma, o potencial de produção.

A eficiência máxima de conversão da radiação solar é afetada pela temperatura diurna e noturna, bem como pela amplitude térmica resultante. Assim, temperaturas diurnas relativamente elevadas possibilitam altas taxas fotossintéticas, ao passo que temperaturas noturnas amenas contribuem para o prolongamento do período de crescimento, assegurando à cultura maior número de dias para o aproveitamento efetivo da radiação incidente.

A análise de vários experimentos realizados em diferentes regiões produtoras de milho no mundo, demonstraram que o rendimento em grãos desse cereal correlaciona-se positivamente com a radiação incidente média diária e com a amplitude térmica, porém negativamente com a temperatura média do período. (ANDRADE, 1992).

Face ao exposto, mediante dados compilados de vários autores, conclui-se que temperaturas diurnas até 32°C, proporcionam maiores taxas fotossintéticas, maiores índices de emissão de folhas e maiores taxas de conversão de radiação solar. Concomitantemente, temperaturas noturnas entre 18 e 22°C evitam o encurtamento significativo de etapas fenológicas relevantes, bem como a predominância de amplitude térmica entre 15 a 22°C, favorecem a cinética do crescimento e desenvolvimento das plantas de milho, resultando em rendimentos elevados (Figura 1).

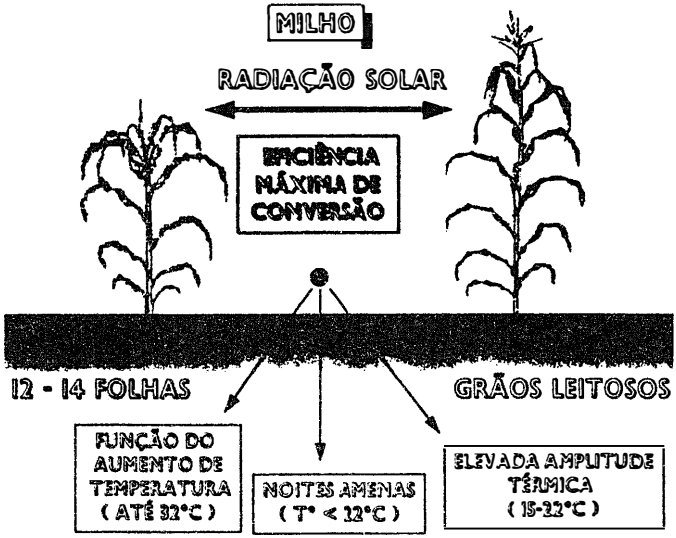


Figura 1. Fatores influentes na eficiência máxima de conversão da radiação pela planta de milho.

As condições acima mencionadas deverão ser asseguradas, principalmente, entre os estádios correspondentes a 12 folhas e grãos leitosos, pois ocorre nesse período a confirmação do potencial de produção definido precocemente. Desta feita, na etapa considerada, a planta deverá estar devidamente suprida de nutrientes,

principalmente nitrogênio, e não ser submetida à deficiência hídrica prolongada. Ainda, a uniformidade de tamanho de plantas e seu adequado arranjo espacial, revestem-se de suma importância para a obtenção de rendimentos satisfatórios.

A redução de 50% da radiação incidente no período compreendido entre 15 dias antes e 15 dias após o florescimento, provocou a diminuição de 40 a 50% do rendimento em grãos de milho (FISCHER & PALMER, 1894). Da mesma forma, a destruição de 25 % da área foliar do milho próximo ao florescimento foi responsável pela redução de 32% da produção (FANCELLI, 1988).

Após a fecundação, os grãos em formação, tornam-se "drenos" preferenciais para a planta, a qual deverá satisfazê-los de forma intensiva e contínua. Assim, a redução da taxa fotossintética após o florescimento, proporcionada pelas folhas superiores ("fonte") poderá resultar na queda considerável da produção.

A redução da taxa fotossintética após o florescimento poderá ser ocasionada por seca; excesso de chuva; nebulosidade prolongada; relação desfavorável entre N e K (normalmente excesso de nitrogênio); destruição de área foliar (pragas e doenças) e alta população (deficiência de luz). Essa situação implicará na necessidade da utilização das reservas do colmo no enchimento de grãos que, conforme o nível de estresse gerado, poderá favorecer a incidência de fungos de solo do gênero *Fusarium*, *Diplodia*, *Colletotrichum* e *Pythium*. (FANCELLI, 1994).

Assim, a integridade e a capacidade cúbica de armazenagem de excedentes de fotoassimilados por parte do colmo é de suma importância para o período de enchimento de grãos, atuando, em inúmeras situações, como órgão equilibrador da limitação de "fonte", promovendo a remobilização de carboidratos de reserva. Na literatura, menciona-se sua contribuição percentual no enchimento de grãos, que pode variar de 17% (UHART & ANDRADE, 1995) até 44% (RUGET, 1993).

Com a predominância de relações desfavoráveis de fonte/dreno, será inevitável a produção de menor número de grãos, os quais serão pequenos e leves. Ainda, tal situação poderá aumentar a predisposição da planta a tombamento e quebramento. Em contrapartida, a evidência de relações extremamente favoráveis de fonte/dreno, originará grãos densos e bem formados, bem como a planta atingirá a maturidade fisiológica com maior concentração de açucares no colmo, além de se evidenciar maior tolerância a eventual atraso de colheita.

A fase de enchimento de grãos pode ser dividida em 3 (três) etapas. A primeira está relacionada com intensa atividade mitótica que determina o número de células endospermáticas ou de reservas, além de acentuada translocação de substâncias solúveis, culminando no estádio de grãos leitosos. A segunda fase relaciona-se com o aumento rápido de peso dos grãos em formação e, a terceira, encontra-se intimamente ligada às reações de transformação das substâncias de reserva.

Cumpre ressaltar que a diminuição do número de grãos pode ocorrer até 3 (três) semanas após o florescimento, em decorrência de condições predisponentes ao abortamento (grãos mais jovens são mais vulneráveis), que pode provocar a falha de granação no ápice da espiga. (TOLLENAAR, 1977).

A taxa de sobrevivência é o fator que determina o número final de grãos. Normalmente a espiga produz 500-700 espiguetas, porém constata-se a sobrevivência de 400 a 500 grãos/espiga. Trabalho desenvolvido por ANDRADE (1995) evidenciou que a diminuição de 70 a 80% do número de grãos, promoveu apenas 30% de aumento de peso nos grãos remanescentes, demonstrando que o milho não tem a capacidade de compensar a perda de número de grãos pelo incremento de peso.

4. RENDIMENTO

O milho (*Zea mays* L.) possui elevado potencial produtivo e acentuada habilidade fisiológica na conversão de carbono mineral

em compostos orgânicos, os quais são translocados das folhas e de outros tecidos fotossinteticamente ativos (FONTE) para locais onde serão estocados ou metabolizados (DRENO).

As relações fonte-dreno podem ser alteradas sobremaneira pelas condições de solo, clima, estádio fisiológico e nível de estresse da cultura (TOLLENAAR, 1977).

O rendimento dos grãos de um cultura de milho, segundo ANDRADE et al. (1991) pode ser expresso pela seguinte equação:

$$y = Ri.Ei.Ec.p \quad (2)$$

onde Ri refere-se à Radiação incidente; Ei à eficiência da interceptação da radiação incidente; Ec à eficiência de conversão da radiação interceptada pela biomassa vegetal e p à partição (ou distribuição) de fotoassimilados, por parte da planta, a seus diferentes órgãos.

Assim a radiação incidente é função da localização ou posição geográfica da área de produção (latitude, longitude e altitude), bem como da época de semeadura ao longo do ano. Esse fato é citado por ALFONSI (1991), através da tabela 1, na qual observa-se a quantidade diferencial de radiação solar que atinge a Terra, em função da inclinação do eixo terrestre.

Tabela 1. Valores médios de energia incidente ($cal.cm^{-2}.dia^{-1}$), em área plana, no hemisfério sul, em função da época do ano.

LATITUDE	SOLSTICIO DE VERÃO (dezembro)	EQUINOCIO (Setembro/Outubro)	SOLSTICIO DE INVERNO (Junho)
0°	840	880	790
20° S	1000	820	570
40° S	1050	620	300
60° S	1030	400	50

A eficiência de interceptação depende da idade da planta, da arquitetura foliar, do arranjo espacial de plantas e da população empregada, ao passo que a eficiência de conversão, dentre outros fatores depende principalmente da temperatura, do estado nutricional e do equilíbrio hídrico das plantas A partição dos fotoassimilados, sobretudo, é função do genótipo e das relações de fonte-dreno estabelecidas durante a vida vegetal.

Em decorrência da temperatura afetar a eficiência de conversão, é preferível utilizar a taxa de crescimento por unidade de tempo térmico como medida de desempenho de variedades e híbridos de milho, conforme observada na Tabela 2. Da mesma forma, HAWKINS & COOPER (1981) relatam a existência de estreita correlação positiva entre o parâmetro anteriormente mencionado e a produção de grãos/m^2.

O aumento da temperatura, principalmente noturna, além de incrementar o processo respiratório, contribui para aceleração da acumulação de graus-dia, contribuindo para o encurtamento do ciclo da cultura, reduzindo o aparato fotossintético e, consequentemente, a quantidade de radiação interceptada, bem como o potencial de produção.

O rendimento de grãos de uma cultura pode ser definido como sendo o produto do rendimento biológico e índice de colheita (IC). O rendimento biológico é comumente determinado pelo peso total da matéria seca da planta, perfazendo medida integrada dos efeitos combinados da fotossintese e respiração durante a fase de crescimento. A fotossintese, por sua vez, é dependente da extensão da área foliar e da permanência das folhas em plena atividade. O índice de colheita, que se constitui na fração dos grãos produzidos em relação à matéria seca total da planta, pode ser empregado em programas de melhoramento genético e de avaliação de performance de genótipos submetidos a diferentes condições climáticas (DONALD &

HAMBLIN, 1976). Ainda, o índice de colheita poderá identificar a habilidade de um híbrido combinar elevada capacidade de produção total e de destinar a matéria seca acumulada a componentes de interesse econômico.

Tabela 2. Radiação total incidente diária, soma térmica, radiação total incidente por unidade de tempo térmico para a floração e o rendimento do milho em zonas distintas. (ANDRADE, UHART & ARGUISSAIN, 1991).

LOCAIS	Rad. total ($cal.cm^{-2}.dia^{-1}$)	(térmica* ($°C.dia^{-1}$)	Rad. total/unid.de tempo térmico ($cal.cm^{-2}.°C^{-1}$)	Rendimento ($kg.ha^{-1}$)
Terras Baixas (México)	440	15,0	29,3	5.500
Terras Altas(México)	550	11,5	47,8	9 000
Greenfield (Califórnia/USA)	542	9,6	56,5	10.600
Davis (Califórnia/USA)	729	11,2	65,1	13.450
Pergamino (Argentina)	650	11,3	57,5	11500
Balcarce (Argentina)	600	9,0	66,7	13.800

* (Temperatura Máxima + Temperatura Mínima)/2-10°C

O IC máximo para a cultura do milho encontra-se próximo de 0,60, em regiões de clima temperado e elevada latitude. Em contrapartida os menores índices de colheita mencionados na literatura referem-se àqueles oriundos de alguns países da África, quais sejam: Quênia (IC = 0,10) e Gana (IC = 0,27).

Em trabalho desenvolvido por DURÃES et al. (1993) ficou evidenciado que as características morfo-fisiológicas associadas com o elevado rendimento de grãos variaram em função dos diferentes cultivares; contudo, a precocidade conferiu aos materiais testados os maiores índices de partição. Porém, FANCELLI (1986) ressalta que a maior habilidade de partição relacionada aos cultivares superprecoces e precoces somente poderá se manifestar, quando forem satisfeitas as exigências climáticas e nutricionais relativas aos materiais genéticos considerados.

Portanto, IC obtido em um determinado local não deverá ser extrapolado para outras regiões, pois tal parâmetro está intimamente correlacionado com a interação genótipo-ambiente.

Em ocasiões em que os indivíduos de uma comunidade vegetal se submetam a relações de competição por recursos materiais e energéticos, sobreviverão aqueles que detiverem características adaptativas superiores de natureza morfológica, fisiológica e comportamental. A capacidade de destinar, prioritariamente, recursos para a reprodução, sobrevivência, desenvolvimento, crescimento e defesa é uma das características adaptativas importantes definidas pelo "principio de alocação" proposto por CODY (1966).

Genótipos tropicais de milho, segundo GOLDSWORTHY & COLEGROVE (1974), apresentam partição da matéria seca deficiente e variável, o que pode explicar o baixo rendimento em grãos da cultura em condições tropicais, quando comparada às de clima temperado. Relata, ainda, o mesmo autor, que o rendimento do milho é limitado pela amplitude do dreno. Essa limitada capacidade de dreno em cultivares de genótipos tropicais é atribuída a competição interna entre as partes vegetativas (folhas, colmos e brácteas) e a espiga.

Para EVANS (1975) o porte exuberante, grande número de folhas, maturação tardia, pendão avantajado, maior nível de dominância apical e baixo índice de colheita, foram importantes fatores adaptativos da planta de milho ao ambiente

tropical. Plantas com essas características poderiam competir, eficientemente, com outras de rápido crescimento, bem como ser submetidas a significativas reduções de área foliar ocasionada por insetos e patógenos. Ainda, a maior quantidade de reservas de açucares presentes no colmo de plantas de genótipo tropical, pode ser, evolutivamente, resultado da resistência à seca, necessidade de auxílio efetivo no enchimento de grãos, bem como à tolerância a podridões da haste.

Atualmente, essas características tem sido submetidas a exaustivos estudos, por parte do melhoramento genético e da fisiologia da produção, objetivando a melhoria do desempenho da planta, quanto à adaptação a diferentes regiões, ao aproveitamento de fatores de produção e a melhoria no processo de partição de fotoassimilados.

O milho difere dos demais cereais, pois sua espiga cresce de uma gema axilar e, por isso, está sujeita à ação de dominância apical. Portanto, a redução da atividade metabólica do pendão antes da antese pode contribuir para o aumento no crescimento do tamanho da espiga. (MESSIAEN, 1963). Na literatura, alguns trabalhos confirmam esse fato, pois a retirada apenas do pendão ou a redução de seu porte na planta, conferiu significativo incremento no tamanho das espigas resultantes.

A redução no rendimento do milho, nas mais variadas condições está associada a duração do período de enchimentos de grãos. Em regime de elevadas temperaturas diurnas. (>35°C) e noturnas (> 24°C) a taxa de acumulação de matéria seca nos grãos e a duração do período de enchimento são reduzidos. Tal período também poderá ser encurtado, segundo AFUAKWA et al. (1984), em função da redução do suprimento de sacarose das folhas, provocado pela desfolha ou pela elevação do nível de estresse imposto à planta.

Para FANCELLI (1988) a retirada de 5 folhas superiores das plantas de milho, quando a cultura apresentava 50 % das panículas em fase de polinização, ocasionou 32% de queda na produção em virtude da redução do peso de grãos e do encurtamento do período de enchimento de grãos, além do referido estresse também ter afetado a qualidade fisiológica das sementes.

O incremento diário de matéria seca nos grãos pode variar, também, de acordo com o genótipo, ou seja, linhagens de grãos dentados apresentam maior taxa de acúmulo do que materiais genéticos portadores de grãos duros ou "flint" (CHENGEL, 1986).

Levantamento de dados realizados em Indiana, EUA, mostrou que a duração do período da emergência das plantas até a maturidade fisiológica, tem aumentado nos últimos 30 anos, com reflexos no alongamento do período de enchimento de grãos. Durante esse tempo, de acordo com alguns pesquisadores, o melhoramento genético de milho direcionado para a resistência de doenças e para o incremento no teor de óleo e proteína dos grãos, inconscientemente, pode ter contribuído para o prolongamento do referido período.

O número de grãos por planta e por unidade de área constitui-se num dos mais importantes componentes determinantes do rendimento da cultura, o qual é influenciado por eventos ocorridos entre a emissão da 4a e 10a folha, além daqueles evidenciados no florescimento (fecundação). Em áreas tropicais este é o parâmetro que, normalmente, concorre para as maiores oscilações de rendimento da cultura. A obtenção do maior número de grãos possível é função da população e do número de espigas encontradas por planta (prolificidade) e por área. Erroneamente, valoriza-se em demasia o tamanho da espiga, conferindo a este componente acentuado valor na definição do potencial produtivo. Todavia, reconhece-se que a planta de milho por não possuir capacidade compensatória efetiva, o tamanho da espiga muito pouco contribuirá para a definição da produção quando o número de espigas presentes na área for pequeno. Conclui-se, portanto, que em primeira instância, o número de espigas deva ser o fator mais importante a ser considerado, quando comparado ao tamanho das mesmas.

O rendimento de grãos (e o número de grãos) aumenta, significativamente, com os incrementos do índice de área foliar (IAF) variando de 3 a 5, segundo resultados obtidos no "Corn Belt" americano.

A maximização da produção dependerá da população empregada, que será função da capacidade suporte do meio e do sistema de produção adotado; do índice e da duração da área foliar fotossinteticamente ativa; da prolificidade do cultivar; da época de semeadura, visando satisfazer a cinética de desenvolvimento e crescimento; bem como da adequada distribuição espacial de plantas na área, em conformidade com as suas características genotípicas.

No Brasil, rendimentos elevados têm sido obtidos com a utilização de 55.000 a 70.000 plantas/ha, adotando-se espaçamentos variáveis entre 80 a 65 cm, apresentando 3,5 a 5,0 plantas por metro, devidamente arranjadas de forma a minimizar as relações de competição por fatores de produção. Cumpre ressaltar que tais recomendações referem-se, normalmente, a sistemas de produção irrigados e mantidos sob contínua vigilância e orientação.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFUAKWA, J.J., CROOKSTON, R.K.; JONES, R.J. Effect of temperature and sucrose availability on Kernel black layer development in maize. Crop Science. 24(2):285-288, 1984.

ALFONSI, R.R. Agrometeorologia: importância e aplicações. CPG-Fitotecnia, ESALQ/USP. Piracicaba. 23p., 1991.

ANDRADE, F.H., UHART, S.; ARGUISSAIN, G. Rendimiento potencial de maiz en Balcarce: analisis de los fatores que lo determinan. Instituto Nacional de tecnologia agropecuária.Balcarce, Argentina. 11p., 1991. (boletin Técnico,101).

ANDRADE, F.H. Radiación y temperatura determinan los rendimentos máximos de maiz. Instituto Nacional de tecnologia agropecuária. Balcarce, Argentina. 34p. 1992 (Boletin Técnico, 106).

ANDRADE, F.H. Analysis of growth and yield of maize, sunflower and soybean grown at Balcarce, Argentina. Field Crops Research, 41:1-12, 1995.

ANTUNES, P.M.; DOURADO-NETO, D; FANCELLI, A.L. Método prático para estimativa de índice de área foliar na cultura de milho (*Zea mays* L.). In: Workshop on special topics about soil physics and crop modeling and simulation. Piracicaba, 1997.

ALLISON, J.C.S.; WATSON, D.J. The production and distribuition of dry matter in maize after flowering. Annals of Botany, 30(119):366-381, 1986.

ARNON, I. Mineral nutrition of mayze. International Potash Institute. Bern. Switzerland, 1975. 452p.

BERGER, J. Maize production and the manuring of maizes. Center d'Estudo de l'Azote. p.38-41. 1962.

BERLATO, M.A.; SUTILI, V.R. Determinação das temperaturas bases dos subperíodos emergência - pendoamento e emergência - espigamento de 3 cultivares de milho.In: XXI Reunião Técnica de milho e sorgo. Resumos. Porto Alegre. p.26., 1976.

BERTRAND, M. Mècanismes de l'élaboration du nombre de graines du mais. Valeur prédictive d'indicateurs écophysiologiques. Thèse Dr. Institut National Agronomique, Paris-Grignon. 185p. 1991.

BLOC, D.; GOUET, J.P. Influence of accumulated heat units on maturuty in corn. In: Agrometeorology of mayze (corn) crop. W.M.O., 481:76-83, 1976.

BRUNINI, O.; CAMARGO, M.B.P.; MIRANDA, L.T.; SAWASAKI, E. Resistência estomatal e potencial de água em variedades de miho em condições de campo. III. Congresso

Brasileiro de Agrometeorologia. Pelotas. p. 134-138., 1981.

CANTRELL, R.G.; GEALDEMANN, J.L. Contribuition of truste leaves to maize grain yield. Crop Science, 21 (4): 544-546., 1981.

CHENGEL, G. Process of grain filling in inbred maize lines. Seed Abstracts. 9(11):366,1986.

CIRILO, A.G. Desarollo, crescimiento y partición de materia seca en cultivos de maíz sembrados en diferentes fechas. Balcarce, Buenos Aires, Argentina. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Mar del Plata, 86 p, 1994 (Tesis Magister Scientiae).

CODY, M.L. A general theory of dutch size. Evolution. Lawrence. 20:174-84, 1966.

DAKER, A. A água na agricultura: Manual de hidráulica agricola - Irrigação e drenagem. 3ª. ed. Editora Freitas Bastos. 453p., 1970 (vol. 3).

DONALD, C.M.; HAMBLIN, J. The biological yield and harvest index of cereal as agronomic and plant breeding criteria. Advances in Agronomy. Madison, 28:361-405, 1976.

DUNCAN, W.G.; WILLIAMS, W.R. e LOOMIS, R.S. Maize production. Crop Science, 7, 37, 1967.

DURÃES, F.O.M., MAGALHÃES, P.C., OLIVEIRA, A.C., FANCELLI, A.L.; COSTA, J.D. Partição de fitomassa e limitações de rendimento de milho (*Zea mays* L.) relacionados com a fonte-dreno. In: Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal, 4, Fortaleza, SBFV/UFCE, 1993. Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal, São Carlos, 5 (1):1-120. 1993.

DWYER, L. M.; STEWART, D.W.; HAMILTON, R.I.; HOUWING, L. Ear position and vertical distribuition of leaf area in corn. Agronomy Journal, 84:430-438., 1992.

EVANS, L.T. The physiological basis of crop yield. Crop Physiology; some case histories.London.Cambridge Univ. Press. p.327-55, 1975

FANCELLI, A.L.; LIMA, U.A. Milho: Produção, pré-processamento e transformação Agroindustrial. SICCI/PROMOCET/FEALQ. São Paulo. 112p., 1982. (Série Extensão Agroindustrial, 5).

FANCELLI, A.L. Plantas Alimenticias: guia para aula, estudos e discussão. Centro Acadêmico "Luiz de Queiroz". ESALQ/USP,1986. 131p.

FANCELLI, A.L. Influência do desfolhamento no desempenho de plantas e de sementes de milho (*Zea mays* L.). Piracicaba. ESALQ/USP. 172p., 1988 (Tese de Doutoramento).

FANCELLI, A.L. Escolha do tipo de cultivar de milho. Departamento de Agricultura / ESALQ / USP. Piracicaba. 8p.,1989.

FANCELLI, A.L. Milho e feijão: Elementos para manejo em agricultura irrigada. Departamento de agricultura/ESALQ/USP. Piracicaba.14p, 1994.

FANCELLI, A.L. Qualidade de grãos. Braskalb. Campinas,1995. 6p.

FERRAZ, E.C. Fisiologia do milho. In: Cultura e adubação do milho. Instituto Brasileiro da Potassa. São Paulo. p.369-379,1966.

FISCHER, K. S.; PALMER, F.E. Tropical maize. In: Goldsworthy, P.R.; Fisher, N.M. (ed.). The physiology of tropical field crops. Wiley. p.231-248. 1984.

FRATTINI, J.A. Cultura do milho. Instruções Sumárias. CATI/COT. Campinas, 1975. 26p. (mimeografado).

FREY, N.M. Dry matter acumulation in Kernels of maize. Crop Science, 21: 118-122., 1981.

GOLDSWORTHY, P.R., COLEGROVE, M. Growth an yield of highland maize in Mexico. Journal of Agricultural Science. 83:223-30, 1974

GOODMANN, M.M.; SMITH, J.S.C. Botânica do milho. In: Melhoramento e produção do milho no Brasil. Fundação Cargill. Piracicaba,.1978. p.32-70.

HAWKINS, R.C.; COOPER, P.J.M. Growth, development and grain yield of maize. Expl. agric. 17:203-207, 1981.

IOWA STATE UNIVERSITY. National corn handbook. Cooperative Extension Service. Ames. 612p. 1993

KINIRY, J.R.; BONHOMME. Predicting maize phenology. In: T. Hodges (ed.). Predicting crop phenology. CRC press. Boca Raton, Ann Arbor. Boston. p.115-131, 1991.

KRAMER, P.J. Fifty years of progress in water relations reasearch.Plant Physiology. 54:463-471.,1974.

LIMA, M.G.; FANCELLI, A.L. Calibração e validaçao do modelo Ceres-Maize em condições tropicais. Pesquisa Agropecuária Brasileira (no prelo).

LOOMIS, R.S.; WILLIAMS, W.A. Maximum crop productivity: an estimate. Crop Science. 3(1):67-72, 1963.

MAGALHÃES, A.C.N.; SILVA, W.J. Determinantes genético-fisiológicos da produtividade do milho. In: Melhoramento e produção de milho no Brasil. PATERNIANI, E. Fundação Cargill. São Paulo. p.346-379. 1978.

MESSIAEN, C.M. Physiologie du developement chez *Zea mays*. Ann. Epiphyties 14: hors scrie 11, 1963.

NEL, P.C.; SMIT, N.S.H. Growth and development stages in the growing maize plant. Farming in South Africa. p. 1-7, 1978.

NUSSIO, L.G. A cultura do milho e sorgo para a produção de silagem. In: FANCELLI, A.L. (editor) Milho. FEALQ / ESALQ / USP. Piracicaba. p 58-88. 1990.

PATERNIANI, E. (editor). Melhoramento e produção de milho no Brasil. Fundação Cargill. Piracicaba. 650 p., 1978.

PATERNIANI, E.; VIEGAS, G.P. (editores). Melhoramento e produção do milho. Fundação Cargill. Campinas. 795 p., 1987 (2 volumes).

PURSEGLOVE, J.W. Tropical crops. Monocotyledons. I. John Wiley and Sons. Inc. New York. 334p.,1972.

RUGET, F. Contribuition of storage reserves during grain-filling of maize in northern european conditions. Maydica, 38:51-59. 1993.

SAAD, A.M. Uso do tensiômetro no controle da irrigação por pivô central. Piracicaba, ESALQ / USP, 141p, 1991 (Dissertação de Mestrado).

TOLLENAAR, M.; DAYNARD, T.B. Relationship between assimilate source and reproductive sink in maize grown in a short season environment. Agronomy Journal. 70:219-23, 1977.

TOLLENAAR, M.; DAYNARD, T.B.; HUNTER, T.B. Effect of temperature sensitive period for leaf number of maize. crop Science, 23:457-460, 1979.

UHART, S.A.; ANDRADE, F.H. Nitrogen and carbonum accumulation and remobilization during grain filling in maize under different source/sink ratios. Crop Science, 35:183-190. 1995.

VILLA NOVA, N.A., PEDRO Jr., M.J., PEREIRA, A.R., OMETTO, J.C. Estimativa de graus-dia acumulados acima de qualquer temperatura base, em função das temperaturas máxima e mínima. Caderno de Ciência da Terra, Instituto deGeografia, USP, 30, 1972. 8p.

WILSIE, C.P. Crop adaptation and distribuition. Ed. Freeman, 1962. 345 p.

EQUAÇÕES GERAIS PARA MANEJO DA CULTURA DE MILHO

Durval Dourado-Neto[1]
Antônio Luiz Fancelli[2]

1. INTRODUÇÃO

O entendimento da interação entre o ambiente (elementos bióticos e abióticos) e a planta é de fundamental importância para melhor orientar ações de manejo no intuito de obtenção do rendimento agrícola almejado.

Assim, mostra-se premente a visão global do sistema agrícola, contemplando, mesmo que apenas num modelo mental, a interação entre as diferentes fases do processo produtivo (Figura 1).

Para maior facilidade de manejo e estudo, bem como objetivando a possibilidade do estabelecimento de correlações entre elementos fisiológicos, climatológicos, fitogenéticos, entomológicos, fitopatológicos e fitotécnicos, com o desempenho da planta, o ciclo da cultura do milho foi dividido em onze estádios (escala fenológica) distintos de desenvolvimento (FANCELLI, 1986, adaptado de HANWAY, 1966 e NEL & SMIT, 1978).

Porém, deve-se notar que os estádios de crescimento e desenvolvimento anteriores ao aparecimento das espigas são identificados mediante a avaliação do número de folhas plenamente expandidas ou desdobradas. Assim, a folha do milho pode ser considerada desdobrada quando a mesma apresentar a linha de união lâmina-bainha ("colar") facilmente visível. Para os estádios posteriores à emissão da espiga, a identificação deverá ser efetuada com base no desenvolvimento e consistência dos grãos.

Os profissionais do setor agrícola, dentro do possível, deveriam procurar a informação em termos de princípios, e não apenas de números. Os princípios permitem nortear melhor as decisões em termos de planejamento e de manejo. Os números são importantes para dar noção apenas da ordem de grandeza dos atributos ou processos de interesse. Porém, a capacidade de resolver problemas novos está diretamente relacionada à boa formação do profissional consolidada numa boa formação teórica (discussão por princípios e não por números). Nessa direção, a técnica modelagem tem se tornado uma ferramenta útil, quando não é mal utilizada, pois permite equacionar e entender melhor a complexa interação entre a planta e as demais fases do sistema agrícola.

2. ADUBAÇÃO NITROGENADA

2.1 Quantidade de aplicação

É imprescindível a definição prévia do rendimento médio a ser atingido. Para tal, é necessário conhecer a cultura, bem como as condições de mercado e edafoclimáticas ao nível da propriedade agrícola.

A quantidade de aplicação de nitrogênio (Q_N, kg.ha^{-1}) é definida em função do rendimento almejado (R, kg.ha^{-1}), do teor médio de proteína no grão (ou semente) (P_G, kg.kg^{-1}), do teor médio de nitrogênio na

[1] Professor do Departamento de Agricultura. ESALQ/USP, Caixa Postal 09, Piracicaba - SP, CEP: 13.418-900. Email: dourado@carpa.ciagri.usp.br.
[2] Professor do Departamento de Agricultura. ESALQ/USP, Caixa Postal 09, Piracicaba - SP, CEP: 13.418-900. Email: alfancel@carpa.ciagri.usp.br.

proteína (N_P, kg.kg^{-1}), do índice de colheita (IC, kg.kg^{-1}), do teor médio de nitrogênio nas outras partes da planta (C_N, kg.kg^{-1}), e da eficiência de utilização de nitrogênio proveniente do fertilizante (Ef, kg.kg^{-1}):

$$Q_N = \frac{R\left[P_G.N_P.IC + C_N(1-IC)\right](1-S_N)}{Ef.IC} \quad (1)$$

2.2 Época de aplicação

Recomenda-se o parcelamento da adubação nitrogenada levando em consideração a fenologia (estádios de definição da produção e a marcha de absorção de nitrogênio) da cultura de milho, as condições climáticas e o tipo de solo.

Em função dos recentes trabalhos desenvolvidos, sugere-se, de maneira geral, a aplicação de 30 kg de nitrogênio na semeadura (principalmente em sistemas de plantio direto e para materiais superprecoces), e o restante dividido em duas parcelas iguais quando a planta apresentar 4 e 8 folhas, respectivamente.

Quando se tratar de solos com baixo potencial de lixiviação, pode-se reduzir o parcelamento a duas aplicações: semeadura (30 a 40 kg.ha^{-1}) e quando a planta apresentar 6 folhas desenroladas.

Salienta-se a importância da incorporação do fertilizante nitrogenado, especialmente em sistemas de plantio direto, e quando a fonte empregada for uréia.

3. A CULTURA DE MILHO IRRIGADO: QUIMIGAÇÃO

O termo quimigação se refere à técnica de aplicação de produtos químicos via água de irrigação.

Em sistemas do tipo pivô central, a aplicação via água de irrigação de fungicidas, inseticidas e herbicidas pós-emergentes, que têm como alvo a parte aérea da planta, tende a ter uma eficiência relativamente baixa devido ao alto volume de água aplicada.

No caso dos fungicidas cujo alvo é o solo, bem como inseticidas para controle da lagarta do cartucho, sua aplicação tem apresentado resultados satisfatórios.

Na herbigação deve-se levar em consideração a profundidade (Z_H, cm) que se deseja aplicar os herbicidas pré-plantio incorporado e pré-emergente observando a umidade atual do solo (θa, m^3.m^{-3}), a umidade referente à "capacidade de campo" (θcc, m^3.m^{-3}), a lâmina líquida de irrigação (h, mm), e o coeficiente de retardamento de fluxo de massa ($\varphi \cong 0{,}95$):

$$Z_H = \frac{\varphi.h}{10.(\theta cc - \theta a)} \quad (2)$$

Na cultura de milho, na fertirrigação planejada recomenda-se a aplicação apenas de nitrogênio, fósforo, potássio, zinco, boro e manganês.

No caso dos micronutrientes, é importante ressaltar a necessidade de uma avaliação periódica do perfil de distribuição de água ao longo do sistema de irrigação do tipo pivô central.

Para o fósforo, recomenda-se a lavagem do sistema de irrigação após sua aplicação. Para tal, deve-se estimar o tempo de aplicação de água (T_L, min) apenas para lavagem no intuito de minimizar problemas de corrosão:

$$T_L = \frac{\pi.d^2.L}{4.Q_S} \quad (3)$$

onde d e L referem- se ao diâmetro (m) e ao comprimento (m) da tubulação, respectivamente, e Q_S à vazão do sistema (m^3.min^{-1}).

Pode-se utilizar a expressão (2) para determinar a profundidade de incorporação no solo dos fertilizantes via fertirrigação, especialmente os nitrogenados.

Para o cálculo da concentração do elemento desejado na água de irrigação(Cw, %), deve-se conhecer a concentração do elemento na calda fertilizante (C_F, %), a vazão de injeção (Q_I, m^3.min^{-1}), bem como a vazão do sistema (Q_S, m^3.min^{-1}):

$$C_W = \frac{Q_I}{Q_S} C_F \quad (4)$$

4. CULTURA DE MILHO: A EQUAÇÃO DO RENDIMENTO

Para estimativa do rendimento (R, kg.ha^{-1}), especificamente para a cultura de milho, utiliza-se a seguinte equação:

$$R = \frac{P.Pr.Fe.G.M}{1000} \quad (5)$$

onde P refere-se à população (plantas.ha^{-1}) (valores modais 45000 a 70000 plantas.ha^{-1}), Pr à prolificidade (número médio de espigas por planta) (espigas.planta^{-1}) (valores modais: 1,00 a 1,35 espigas.planta^{-1}), Fe ao número médio de fileiras de grãos por espiga (fileiras.espiga^{-1}) ((valores modais: 12 a 22 fileiras.espiga^{-1}), G ao número médio de grãos por fileira (valores modais:30 a 50 grãos.fileira^{-1}) (grãos.fileira^{-1}), M à massa média por unidade de grão ou semente (g.grão^{-1}) (valores modais: 0,20 a 0,35 g.grão^{-1}).

Para melhor entendimento desse procedimento de estimativa, é necessário considerar a variabilidade temporal de cada um dos componentes da equação do rendimento associados à soma calórica, para efeito de planejamento, ou à fenologia, para efeito de manejo.

Sendo assim, a visão global do sistema agrícola (Figura 1), contemplando a complexa interação das fases solo, planta, atmosfera e biótica é imprescindível, bem como o conhecimento da partição (em termos relativos e absolutos) de fotoassimilados durante o ciclo.

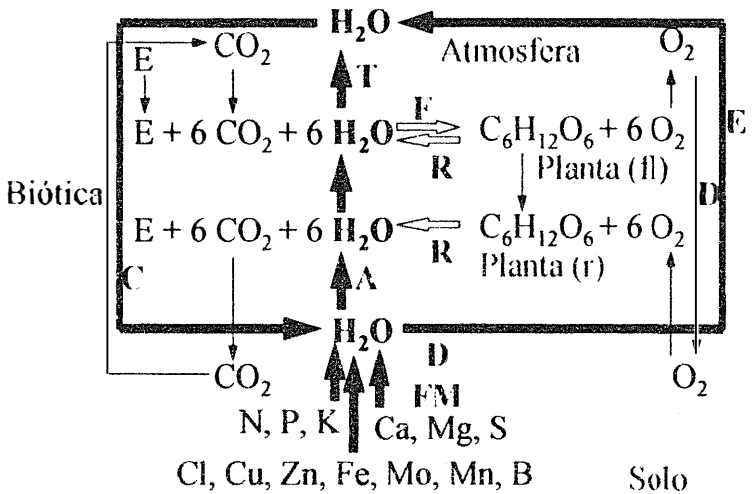


Figura 1. Visão global do sistema agrícola.

Os componentes população e prolificidade (P.Pr), para uma dado sistema agrícola, devem ser otimizados levando em consideração a arquitetura da planta e as condições edafoclimáticas (temperatura, chuva, vento e fertilidades química e física atuais, principalmente) e de tecnologia adotada (sistema irrigado ou não, sistema convencional ou plantio direto e outros).

Esses componentes, podem melhor ser definidos teoricamente e experimentalmente otimizando o volume de solo explorado por unidade de planta e a competição intra-específica por radiação solar da parte aérea. Nesse caso, a distribuição de plantas (espaçamentos entre linhas de plantas e entre plantas na linha) deve ser otimizada.

O número de fileiras por espiga é afetado entre os estádios fenológicos 2 e 3

(FANCELLI, 1986, adaptado de HANWAY, 1966 e NEL & SMIT, 1978) (Figura 2).

O número médio de grãos por fileira é afetado pelo tamanho da espiga, a qual é definida principalmente entre os estádios 3 e 5, bem como pela possibilidade de protandria mais acentuada quando ocorre qualquer tipo de estresse à cultura entre os estádios 5 e 6 (FANCELLI, 1986, adaptado de HANWAY, 1966 e NEL & SMIT, 1978) (Figura 2).

A massa média por unidade de grão ou semente é marcadamente afetada a partir do estádio 6 (Figura 2). A falta de água, principalmente, ocasiona na redução da massa específica dos grãos ou sementes, conseqüentemente, reduzindo o rendimento. Por outro lado, qualquer estresse entre os estágios 4 e 6, reduz altura de planta e área foliar. A redução do índice de área foliar (área foliar da cultura de milho por unidade de área de solo explorado) ocasiona redução do metabolismo, com conseqüente perda de produção de carboidratos. Sendo assim, em termos absolutos, ter-se-á uma menor quantidade de fotoassimilados drenados para o colmo, principalmente, o que resultará num menor acúmulo de reserva a ser drenado para o grão (ou semente) a partir do estádio 6. (FANCELLI, 1986, adaptado de HANWAY, 1966 e NEL & SMIT, 1978) (Figura 2).

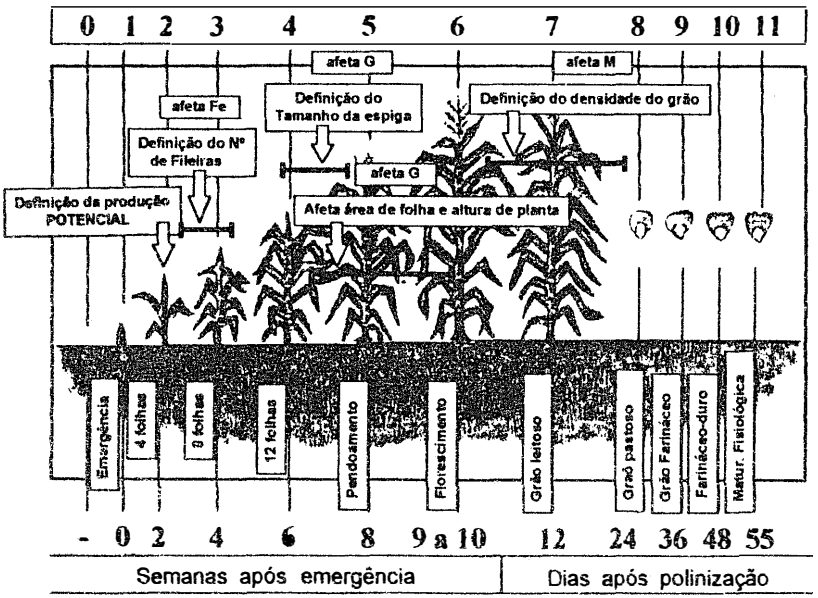


Figura 2. Ciclo da cultura de milho: estádios fenológicos (FANCELLI, 1986).

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FANCELLI, A.L. Plantas Alimentícias: guia para aula, estudos e discussão. Centro Acadêmico "Luiz de Queiroz". ESALQ/USP. 131 p. ,1986.

NEL, P.C.; SMIT, N.S.H. Growth and development stages in the growing maize plant. Farming in South Africa, 1978 p.1-7.





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

ESALQ / USP - Av. Pádua Dias, 11 - Piracicaba. SP
CEP: 13418-900 - Fone: (019) 429-4100 / Fax: (019) 422-5925
Departamento de Agricultura - Fone: (019) 429-4115

PUBLIQUE
Central de Serviços
Rua São João nº 81
Piracicaba-SP
Fone:(019) 422-7430