

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA
Vinculada ao Ministério da Agricultura
Centro Nacional de Pesquisa do Algodão - CNPA
Campina Grande, PB



Competição entre plantas, especialmente no Complexo cultura-planta Daninha



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA
Vinculada ao Ministério da Agricultura
Centro Nacional de Pesquisa do Algodão - CNPA
Campina Grande, Paraíba

COMPETIÇÃO ENTRE PLANTAS, ESPECIALMENTE NO
COMPLEXO CULTURA-PLANTA DANINHA

Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão

Centro Nacional de Pesquisa do Algodão
Campina Grande-PB
1984

CNPA - Centro Nacional de Pesquisa do Algodão

Rua Osvaldo Cruz nº 1143 - Centenário

Caixa Postal 174

Fone: 321-3608

Telex: 083-2236

58.100 - Campina Grande, PB

Tiragem: 2.000

Comitê de Publicação

Pres. João Ribeiro Crisóstomo

Sec. Pedro Maia Guimarães

Membros Napoleão Esberard de M. Beltrão

Elisabete de Oliveira Serrano

Elton Oliveira dos Santos

José Gomes de Souza

Francisco de Sousa Ramalho

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa do Algodão, Campina Grande, PB.

Competição entre plantas, especialmente no complexo cultura-planta daninha, por Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão. Campina Grande, 1984.

44 p (EMBRAPA - CNPA, Documentos, 31).

1. Algodão Herbáceo - Ervas Daninhas - Competição
2. Ervas Daninhas - Competição. I. Beltrão, Napoleão Esberard de Macêdo, Colab. II. Título. III. Série.

CDD 633.512.5

COMPETIÇÃO ENTRE PLANTAS, ESPECIALMENTE NO COMPLEXO CULTURA-PLANTA DANINHA

*Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão*¹

RESUMO

O presente trabalho refere-se ao estudo da competição como "stress" biológico no reino vegetal. Faz-se uma abordagem sobre os fatores de crescimento pelos quais as plantas competem, especialmente água, luz, nutrientes minerais e dióxido de carbono. Aspectos ligados aos fenômenos da teletoxidade são considerados, bem como as relações competitivas entre as plantas, especialmente entre as culturas e as plantas daninhas nos agroecossistemas.

É salientado a importância da determinação do período crítico de competição entre as plantas daninhas e as plantas cultivadas, especialmente no caso do algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.r. *latifolium* Hutch).

As reações heterotípicas e homotípicas do complexo competição-alelopatia são abordadas, bem como ocorre a competição entre espécimes de uma mesma espécie de cultura e a chamada competição interna, onde cada órgão, tecido, célula da planta luta pelos fotoassimilados formados na fotossíntese e os demais metabólitos oriundos do metabolismo intermediário.

¹Engº Agrº.D.Sc. Pesquisador do CNPA - EMBRAPA
Caixa Postal, 174 - 58.100 Campina Grande, PB.

INTRODUÇÃO

O termo "competição" tem sido definido por muitos autores, bem como diversas são as sugestões para modificação do vocábulo, no que diz respeito ao seu significado em relação as plantas.

LOCATELLY e DOLL (35) salientam que em função da competição envolver aspectos diretos e indiretos, muitas vezes é preferível falar-se em "interferência" de uma determinada espécie ou espécime sobre outra, e definem a competição como sendo a luta que se estabelece entre a cultura e as plantas daninhas por luz, água, nutrientes e dióxido de carbono disponíveis em um determinado local.

Já em 1820, De Candolle, citado por ETHERINGTON (19), dizia que todas as plantas de um determinado lugar estão em estado de guerra entre si, sendo este o primeiro conceito emitido sobre a competição.

A competição, de acordo com WEAVER e CLEMENTS (54) é a luta que se inicia entre os indivíduos quando uma planta é transportada para dentro de um grupo de outras plantas, ou quando é rodeada pelos seus descendentes. Por outro lado, CLEMENTS e SHELFORD (11) salientam que o processo da competição pode ser definido como sendo a disputa pelo suprimento de material ou condições por parte de dois ou mais organismos.

ODUM (39) é mais conciso, dizendo que "competição" significa uma luta por uma mesma coisa, sendo que a nível ecológico, a competição se torna importante quando dois organismos lutam por algo que não existe em quantidade adequada para ambos.

Na realidade, como resultado da competição, as duas partes, ou seja, os competidores são estorvados de alguma maneira.

A competição entre as plantas, diferente da que ocorre entre os animais, devido a falta de mobilidade, é de natureza aparentemente passiva e assim não é visível no início da vida dos vegetais. Sabe-se que as plantas cultivadas de

vido ao refinamento genético a que foram e são submetidas não apresentam em sua maioria, capacidade de competir vantajosamente com as plantas infestantes, caso não haja interferência do homem, fazendo o controle das plantas daninhas.

PAVLYCHENKO (42) define a competição como sendo a força natural pela qual cada organismo vivo tende a obter o máximo de vantagens sobre outros organismos que ocupam uma área alimentar comum. Já DAJOZ (13), afirma que a competição é a procura ativa, por membros de duas ou mais espécies, de um mesmo recurso do meio.

Em ecossistemas agrícolas, a cultura e as plantas daninhas crescem juntas na mesma área, e ambos possuem suas demandas por umidade, luz, nutrientes etc, e na maioria dos casos os fatores de crescimento, ou pelo menos um deles, estão presentes em quantidades que não são suficientes nem para assegurar o pleno crescimento e desenvolvimento da cultura. Nestas circunstâncias qualquer planta daninha que se estabeleça na cultura vai usar parte dos suprimentos dos fatores de crescimento, já limitados e assim ocorre a competição, reduzindo não somente o rendimento da cultura, mas, também, a qualidade do produto.

O objetivo do presente trabalho é fornecer algumas informações sobre a competição, especialmente aquela que ocorre entre as culturas e as plantas daninhas, pelos fatores de crescimento, especialmente água, luz e nutrientes, bem como evidenciar a importância da competição como "stress" biológico, traduzida por experimentos, especialmente em condições de campo.

Considerações Gerais

Como foi verificado anteriormente, existem inúmeras definições de competição. No seu sentido mais amplo, a competição é uma característica universal, ocorre tanto no reino animal como no vegetal. Em termos globais, a competição refere-se a uma diminuição do total de água, substâncias nutritivas, luz, CO₂ etc, disponíveis para cada indivíduo. Ela é mais forte entre indivíduos de características semelhantes quanto ao hábito de crescimento, exigências hídricas

cas e nutricionais, taxa de crescimento etc.

Restringindo o espaço amostral para competição entre plantas e em particular cultura-planta daninha, verifica-se que conforme salienta JANICK (28), as ervas daninhas extremamente nocivas, caso não sejam controladas, podem dominar por completo as plantas cultivadas, sendo os prejuízos decorrentes da competição pela luz, água e nutrientes minerais. Na realidade a competição entre a erva daninha e a planta cultivada afeta contrariamente ambas as partes, porém, geralmente a primeira suplanta a última. Todavia, a base fisiológica exata das vantagens de crescimento que permitem que as plantas infestantes atinjam estes resultados, ainda não está perfeitamente esclarecida. Entre as características de crescimento que explicam a sua capacidade competitiva, segundo JANICK (28), encontram-se a rapidez de germinação, o rápido crescimento plântular e um sistema radicular profundo, embora fibroso, na superfície. Além do mais, as plantas daninhas possuem uma resistência natural em relação a maioria das pragas e moléstias que afetam as plantas cultivadas.

A competição resulta da associação ou reunião de espécies e espécimes vegetais devido aos processos de migração e agregação, além da adaptação e estabelecimento, conforme descrevem OLIVEIRA DIAS e CARNEIRO (40).

ODUM (39) salienta que ao nível da população, a competição reduz a taxa de fluxo de energia nos diversos níveis tróficos e dentro de cada nível, e que ocorre basicamente dois tipos de competição: Intraespecífica e interespecífica.

No sentido ecológico, a competição é uma das reações heterotípicas, embora passa ser homotípica. A coabitação de duas espécies vegetais pode ter sobre cada uma delas uma influência nula, favorável ou desfavorável, e na competição cada espécie atua desfavoravelmente sobre a outra.

LEVITT (34) em seu compendio sobre respostas das plantas aos "stresses", do ambiente, considera a competição como sendo um "stress" biótico de natureza bastante complexa. Na realidade, a competição como "stress" é uma resultante de vários "stresses" individuais, tais como: hídrico, lú

minosos, nutricional etc, que uma vez transformados em "Strain" condicionam o "Strain" biológico, causado pela competição.

CRAFTS (12) salienta que a competição entre culturas e plantas daninhas é um fator crítico ao crescimento da planta útil, e afirma que se a cultura ocupa o solo e é vigorosa, as plantas daninhas poderão ser excluídas ou terão seu crescimento retardado. No entanto, se o "stand" é baixo, as plantas daninhas vencerão a competição. Assim, verifica-se que qualquer condição ambiental ou qualquer fator que promova o crescimento da cultura tende a diminuir os efeitos depressivos da vegetação daninha do agroecossistema.

CRAFTS (12) e MUZIK (38) afirmam que a competição é geralmente evidente em campos cultivados. A cultura individual pode competir com ela própria (competição intraespecífica) ou com as plantas daninhas (competição interespecífica). Em geral, a competição imposta pelas plantas daninhas reduz severamente o rendimento das culturas, e as perdas culturais devido a concorrência oriunda das plantas infestantes, são maiores do que as causadas por insetos e fungos, MUZIK (38).

Várias generalizações podem ser inferidas sobre os aspectos emulativos entre cultura e plantas daninhas.

MUZIK (38) traz as seguintes considerações:

- A competição é mais séria quando a cultura está na fase jovem, isto é, nas primeiras 6 a 8 semanas após a emergência.
- As ervas daninhas de crescimento semelhante ao da cultura, comumente são mais competitivas do que as de crescimento diferente.
- As ervas daninhas competem por água, nutrientes, luz e podem liberar toxinas ao solo que inibem o crescimento da cultura
- Uma infestação moderada de ervas daninhas pode ser tão danosa como uma infestação pesada.

Por outro lado, ROBBINS *et alii* (44) afirmam que um princípio básico da competição é que as primeiras plantas

que surgem no solo, pequenas ou grande, tendem a excluir as demais, especialmente tratando-se de plantas daninhas. Assim, deve-se fornecer à cultura vantagens para que ela se estabeleça antes do surgimento das plantas infestantes, daí, a importância na preparação do solo, profundidade de plantio, variedade adequada para a região, época de plantio, práticas culturais adequadas, controle de insetos e doenças etc.

VARMA (53), em seus estudos sobre a natureza da competição entre plantas nas suas primeiras fases de seu crescimento e desenvolvimento, afirmam que em um certo número de casos a competição é maior quando os competidores forem de espécies diferentes, porém semelhantes considerando os aspectos ecológicos, do que quando a competição se produz entre indivíduos da mesma espécie.

Para ROBBINS *et alii* (44) e diversos outros autores, os principais fatores ecológicos que intervêm na competição entre plantas são: água, luz e substâncias nutritivas minerais. Salientam que duas plantas não competem, se no substrato ecológico, os fatores de crescimento encontrarem-se em quantidades adequadas para ambos.

A competição começa a ocorrer quando qualquer um dos fatores de crescimento cai abaixo das necessidades de ambos. Por exemplo pode-se ter uma condição onde há água e nutrientes minerais em níveis adequados, porém pode-se ter a luz como fator limitante, logo competitivo.

PAVLYCHENKO e HARRINGTON (41) estudaram a capacidade competitiva de alguns cereais e plantas daninhas e chegaram a conclusão que as plantas daninhas apresentam certas características que conferem grande capacidade competitiva, entre as quais:

- Germinação fácil e uniformidade da semente em condições ecológicas diversas.
- Desenvolvimento e crescimento rápido de uma grande superfície fotossintética, mesmo, ainda, na fase plantular.
- Um grande número de estômatos.

- Um sistema radicular com muitas raízes fasciculadas nas camadas superficiais do solo e raízes principais de penetração profunda.

Observaram também, que, as diversas espécies cultivadas, testadas, apresentaram grande diferença na capacidade de competir com as plantas daninhas.

CARDENAS (10) salienta que a competição se deve a condições específicas, quando o ambiente e o solo são capazes de prover quantidades limitadas dos fatores essenciais ao crescimento normal. Este autor afirma que as características principais que fazem com que uma planta daninha seja altamente competitiva são as seguintes:

- Ciclo de vida semelhante ao da cultura.
- Desenvolvimento inicial rápido de raízes e ou partes aéreas.
- Plasticidade populacional.
- Germinação desuniforme.
- Produção de inibidores.
- Produção de numerosas sementes.
- Adaptações aos mais variados ambientes.

Por outro lado, afirma que é muito importante o conhecimento detalhado dos diversos fatores que afetam a habilidade competitiva das plantas daninhas e cultivos.

É necessário o conhecimento da capacidade competitiva da cultura, densidade e arranjo de plantio ideal para cada ambiente e condições edáficas, bem como é necessário o conhecimento de alguns aspectos do complexo florístico de cada ambiente, tais como espécies de plantas daninhas, plasticidade do complexo de plantas daninhas, hábito de crescimento e ciclo vital, dificuldade de controle, adaptações ao ambiente e a capacidade de produzir inibidores.

Estrutura da Competição

ETHERINGTON (19) faz uma análise da complexa estrutura da competição dividindo em diversos grupos de fatores.

1. Fatores pelos quais as plantas competem:

- 1.1. Espaço vital
- 1.2. Luz
- 1.3. Dióxido de carbono
- 1.4. Nutrientes
- 1.5. Água

2. Características da planta que causam competição:

- 2.1. Interação passiva das raízes, tal como produção de CO_2 pela respiração.
- 2.2. Interação direta, devido a secreção de toxinas específicas para o ambiente (Alelopatia ou Teletoxicidade).

3. Interações com fatores externos as quais influem ou causam competição:

- 3.1. Competição por agentes polinizadores.
- 3.2. Competição por agentes de dispersão
- 3.3. Pressão seletiva ou distúrbios no equilíbrio ecológico causado por animais ou pelo homem.
- 3.4. Influência da temperatura, umidade relativa do ar, exposição do sol, vento etc, em outros fatores competitivos.
- 3.5. Condições específicas do solo, tais como solutos tóxicos, metais pesados, excesso de carbõnato de cálcio etc.

Competição por Espaço

A competição por espaço para alguns autores ocorre, porém para outros, não, como é o caso de DONALD (17) que afirma que a competição por espaço, no sentido de interação física, raramente ocorre, pois muito antes disso ocorrerá a competição pelos fatores de crescimento, o que realmente limitará o crescimento e desenvolvimento das plantas em estado de competição. No entanto, é complexo e dependente de outros fatores como pode ser exemplificado pelo trabalho de HARPER (1961), citado por ETHERINGTON (19).

Ele verificou a relação entre o número de sementes colocadas na superfície do solo, em dois tipos de solo e o número de sementes germinadas que resultaram em plântulas.

A aludida relação pode ser observada na Figura 1.

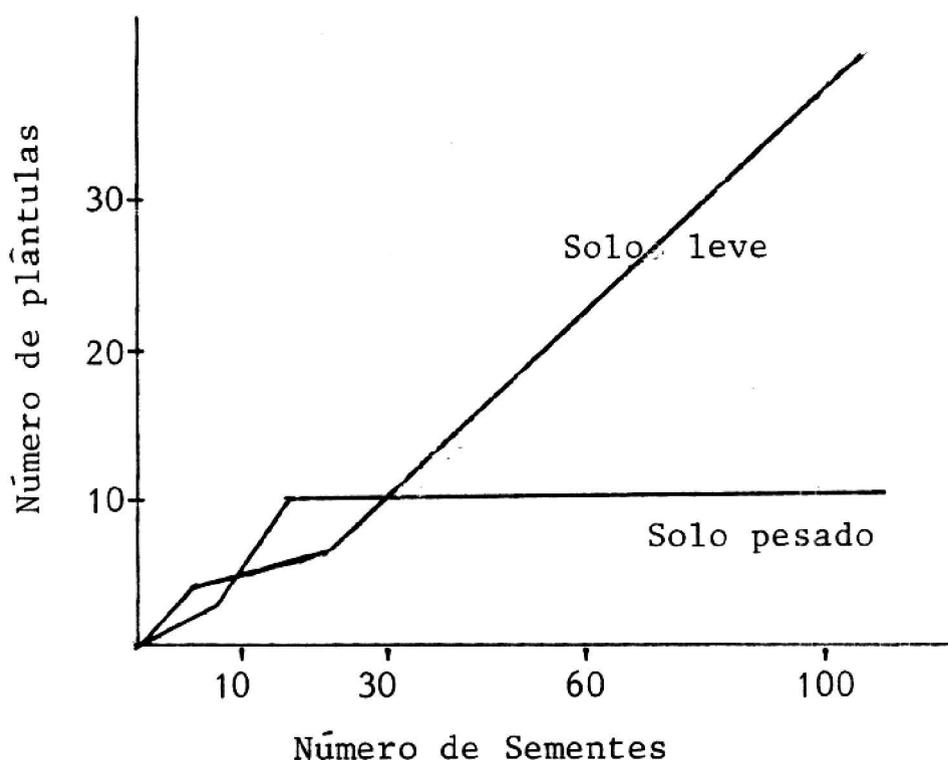


FIGURA 1. Relação entre o número de sementes colocadas no solo e o número de plântulas emergidas. De HARPER 1961. Citado por ETHERINGTON (19).

Competição pela Luz

LOCATELLY e DOLL (35), afirmam que a competição por luz é talvez uma das menos importante, com exceções de situações muito especiais tal como o caso da *Sesbania exaltata* que compete vantajosamente com o arroz por luz. Salientam que, em geral, uma vez que a cultura tenha formado sombreamento completo, a competição por luz das plantas daninhas deixa de ser um fator de importância.

No entanto, com relação a luz, a magnitude da competição recebe influência da necessidade de cada espécie ou seja, se a planta é heliófila ou umbrófila e também do caminho ou rota fotossintética que ela apresenta, se é metabolismo C_3 , C_4 ou CAM.

Conforme salienta ETHERINGTON (19), os trofófilos comportam-se em relação à luz como sendo unidades individuais. Quando uma folha permanece por um longo período de tempo abaixo do ponto de compensação luminoso e se ela já atingiu a sua maturidade morfofisiológica, transformando-se irreversivelmente numa fonte, fatalmente morrerá.

Assim observa-se que a competição pela luz é mais entre trofófilos individuais do que entre esporófitos. A arquitetura da comunidade e seu relacionamento com a disposição das folhas, a transmissibilidade trofófila, a idade dos trofófilos e o coeficiente de extinção, são os fatores mais importantes na determinação da capacidade máxima da taxa de fotossíntese e a habilidade competitiva pela luz, entre as plantas.

Na Figura 2, tem-se o comportamento diferencial de duas plantas com relação ao fator luz, de acordo com o trabalho de DECKER (14). Verifica-se que as umbrófitas se saturam a baixas intensidades luminosas, enquanto que as heliófitas não atingem a saturação luminosa em baixas e média intensidade luminosa.

DONALD (16) fornece uma metodologia para o estudo da competição por luz, nutrientes e suas interações, afirmando que a competição em geral envolve mais de um fator de crescimento, daí a necessidade de se estudar as diversas in

interações.

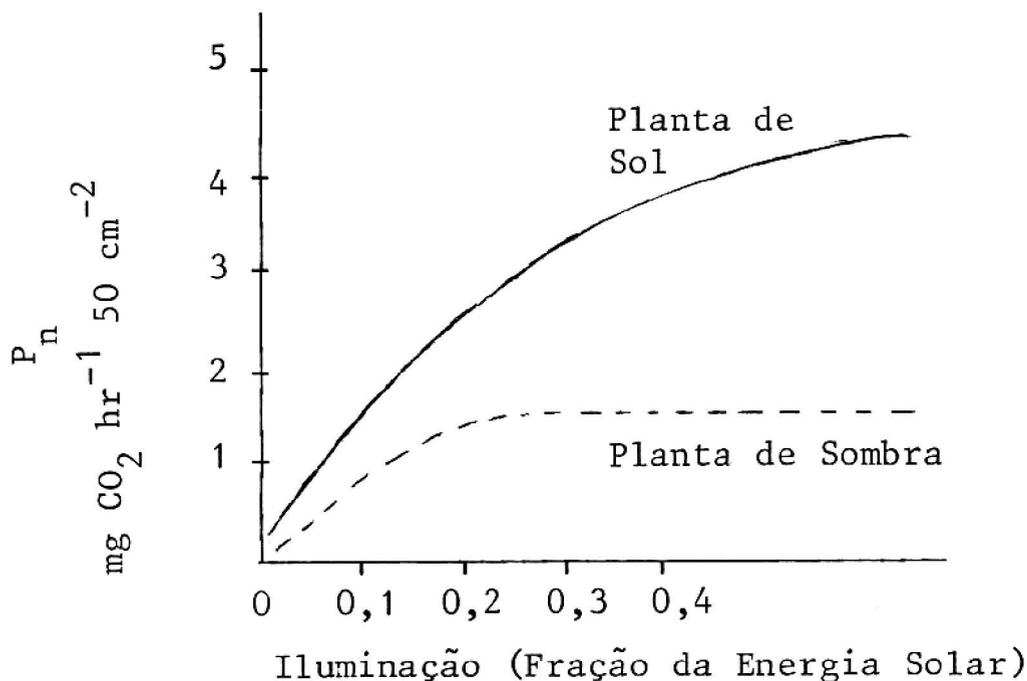


FIGURA 2. Taxas de fotossíntese de plantas de sol e sombra De DECKER (14).

Um aspecto que atualmente está despertando bastante interesse refere-se ao fato da descoberta de rotas alternativas das reações fotossintéticas. Muitas espécies tropicais, culturas, como a cana-de-açúcar, o milho, o sorgo etc, bem como um elevado número de plantas daninhas verdadeiras, apresentam o sistema fotossintético C_4 , que são mais eficientes no uso da água, luz e nutrientes do que as chamadas plantas ineficientes ou sistema C_3 .

WILLIAM (55) traz uma série de considerações sobre os aspectos fisiológicos das plantas C_3 e C_4 , bem como uma lista considerável de plantas daninhas que apresentam o sistema C_4 . Na relação das 10 plantas daninhas mais nocivas 8 delas são C_4 , cuja característica é o elevado ponto de saturação fótica, de modo que dificilmente sofrem "stress" transformando em "strain" por excesso de luminosidade, tais como solarização e foto-oxidação, eventos comuns em plantas C_3 .

Na Tabela 1, tem-se a lista das 10 mais importantes plantas daninhas do mundo, bem como, família, tipo de folha e mecanismo fotossintético, de acordo com HOLM e HERBERGER (23) modificado pelo autor.

TABELA 1. Lista das principais plantas daninhas do mundo. De HOLM e HERBERGER (23), com modificações pelo autor

Nome Científico	Ciclo Vital	Grupo Foss.	Família	T. Folha
1. <i>Cyperus rotundus</i>	Polacanta	C ₄	Cyperaceae	Estreita
2. <i>Cynodon dactylon</i>	Polacanta	C ₄	Gramínea	Estreita
3. <i>Echinochloa crusgalli</i>	Hapaxanta	C ₄	Gramínea	Estreita
4. <i>Echinochloa colonum</i>	Hapaxanta	C ₄	Gramínea	Estreita
5. <i>Eleusine indica</i>	Hapaxanta	C ₄	Gramínea	Estreita
6. <i>Sorghum halepense</i>	Polacanta	C ₄	Gramínea	Estreita
7. <i>Eichhornia crassipes</i>	Polacanta	C ₃	Pontederiaceae	Larga
8. <i>Imperata cylindrica</i>	Polacanta	C ₄	Gramínea	Estreita
9. <i>Lantana camara</i>	Polacanta	C ₃	Verbenaceae	Larga
10. <i>Panicum maximum</i>	Polacanta	C ₄	Gramínea	Estreita

Verifica-se que a grande maioria pertence ao grupo C_4 , família gramínea e perene.

BLACK Jr (5) fez uma vasta revisão dos principais aspectos do metabolismo C_3 e C_4 , enfocando as características principais de cada grupo, diferenças bioquímicas, morfológicas, fisiológicas e ecofisiológicas. Fornece 19 diferenças entre os dois grupos, tais como: as plantas C_4 apresentam maior eficiência no uso da água, requerem sódio como micronutriente, maior produção de matéria seca, mais tolerantes a elevadas temperaturas, baixo ponto de compensação do CO_2 , estrutura foliar com a presença das células da bainha dos feixes, duas enzimas carboxilativas, a PEP - carboxilase e a ribulose 1,5 - difosfato carboxilase etc. No entanto, estudos mais recentes, demonstram que o sistema C_4 é na realidade um sistema alternativo, que pode propiciar à planta uma maior capacidade de sobrevivência a condições desfavoráveis de temperatura (alta), deficiência hídrica e alta taxa de radiação solar, logo sendo um atributo importante na competição pela luz e demais fatores do crescimento, conforme mostram HUBER e SANKHLA (27). Mostram esses mesmos autores, que a chamada estrutura "Kranz", típica do sistema C_4 ocorre em monocotiledôneas e em algumas dicotiledôneas. Interessante, é que os metabolismos C_4 ou C_3 podem variar de acordo com o estágio de crescimento da folha, bem como, provavelmente, devido às mudanças ambientais, o que pode ter profundo significado para a competição causada pelas plantas daninhas. Por exemplo, KHANNA e SINHA (30) e HUBER *et alii* (26) verificaram que plântulas e plantas jovens de Sorghum e Pennisetum são C_4 , porém, depois do processo da floração a rota C_3 é a predominante.

Conforme mostra HUBER e SANKHLA (27), em muitos ecosistemas agrícolas tem-se verificado que as plantas C_4 são altamente competitivas. Por exemplo, mesmo sob condições de práticas culturais favoráveis a cultura C_3 , uma variedade de plantas daninhas C_4 crescem com todo vigor, enquanto em pastagens permanentes de plantas C_4 , quase sempre não ocorre plantas daninhas C_3 , conforme salienta BLACK (1971) citado por HUBER e SANKHLA (27).

DOWNTON (18) salienta que existem plantas que apresentam a rota C_4 em 13 famílias, 117 gêneros e 485 espécies de angiospermas.

Competição por Dióxido de Carbono

Com relação ao CO_2 , o aspecto competitivo não é comumente discutido, e geralmente é considerado não significativo, segundo MILTHORPE (1961), citado por ETHERINGTON (19). No entanto, de acordo com LOOMIS e WILLIAMS (36), a eficiência fotossintética na superfície de uma cultura diminui com o aumento da intensidade luminosa, porém a maioria das culturas são capazes de utilizar mais luz do que a comumente disponível.

Entre os fatores limitantes, salientam a arquitetura das comunidades vegetais e o teor CO_2 atmosférico. Ora, se é considerado um fator limitante, deverá ser por consequência competitivo. As plantas C_4 , em função do seu sistema enzimático PEP - carboxilase tem grande e maior afinidade pelo CO_2 , as C_3 que só mostram a RUDP - ase, que tem baixa afinidade pelo CO_2 , deve sofrer forte competição pelo CO_2 e tal fato poderá ser importante nas relações cultura-planta daninha.

GAASTRA (20), trabalhando com pepino, em condições controladas, evidenciou a influência do teor de CO_2 do ambiente no acúmulo de peso seco pela planta, conforme pode ser observado na Figura 3.

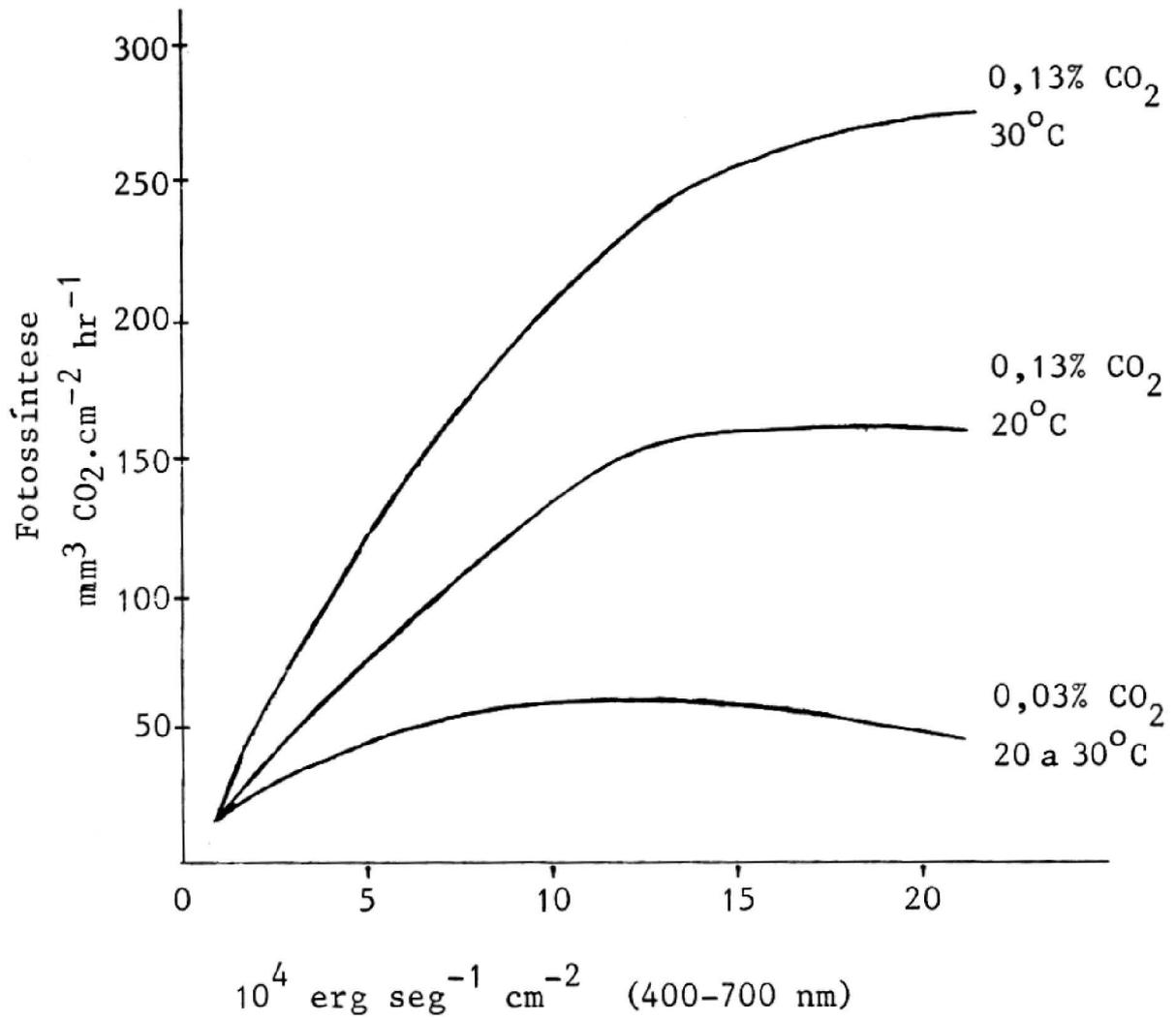


FIGURA 3. Fotossíntese em relação à intensidade luminosa, teor de CO_2 e temperatura. De GAASTRA (20)

Competição por Nutrientes

As plantas daninhas em geral retiram grandes quantidades dos elementos essenciais ao seu crescimento e desenvolvimento, competindo fortemente com as culturas.

KLINGMAN *et alii* (31) mostram que certas plantas daninhas, como, a mustarda, pode requerer cerca de duas vezes mais nitrogênio e fósforo, quatro vezes mais potássio e quatro vezes mais água do que aveia. Por outro lado, PEREIRA e JONES (1954), citados por CAMARGO *et alii* (7), verificaram que a vegetação daninha composta principalmente por picão-preto (*Bidens pilosa*), e rabo-de-rojão (*Tagetis minuta*), removeu do solo cerca de quatro a cinco vezes mais fósforo do que o cafeeiro.

Por outro lado, ROBINSON (45), verificou que o cafeeiro mantido no limpo, sem competição causada pelas plantas daninhas, por ação de herbicidas, apresentava 2,21% de nitrogênio nas folhas, enquanto que o cafeeiro que sofreu o "Strain" competitivo, mostrava somente 1,87% e que o teor de N no solo até 30 cm de profundidade era maior na área livre de plantas daninhas. GALLO *et alii* (21) em estudos sobre o cafeeiro e plantas daninhas, verificaram que elas competem vantajosamente por nutrientes do que esta rubiaceae e que os nutrientes mais absorvidos pela vegetação daninha foram o potássio e o nitrogênio.

DONALD (17), afirma que a competição por qualquer nutriente necessário para o crescimento da planta pode ocorrer, porém o conhecimento disponível a cerca daquele aspecto é bastante limitado. Conforme descreve ETHERINGTON (19), o maior problema no estudo de competição nutricional é a complexidade das interações entre os macronutrientes, micronutrientes e traços de outros elementos, que associados à variação de competição das diferentes espécies bem como a diferenciação em exigências nutricionais entre ecótipos, tornam o problema difícil de ser estudado. Conforme salienta MUZIK (38), a competição tende a ser maior entre plantas de características vegetativas semelhantes bem como com exigências nutricionais similares. Se no solo existe, por exemplo, uma quantidade elevada de fósforo, que satisfaça a

necessidade de duas espécies plantadas juntas, a competição por este nutriente será pequena e na falta ou deficiência, ela tenderá a se agravar.

DONALD em 1951, citado por DONALD (17), descreve um ensaio onde se variam densidade de plantio e níveis de nitrogênio em condições de vasos. A espécie em estudo foi *Brōmus Catharticus* e na Figura 4, pode-se visualizar os resultados alcançados.

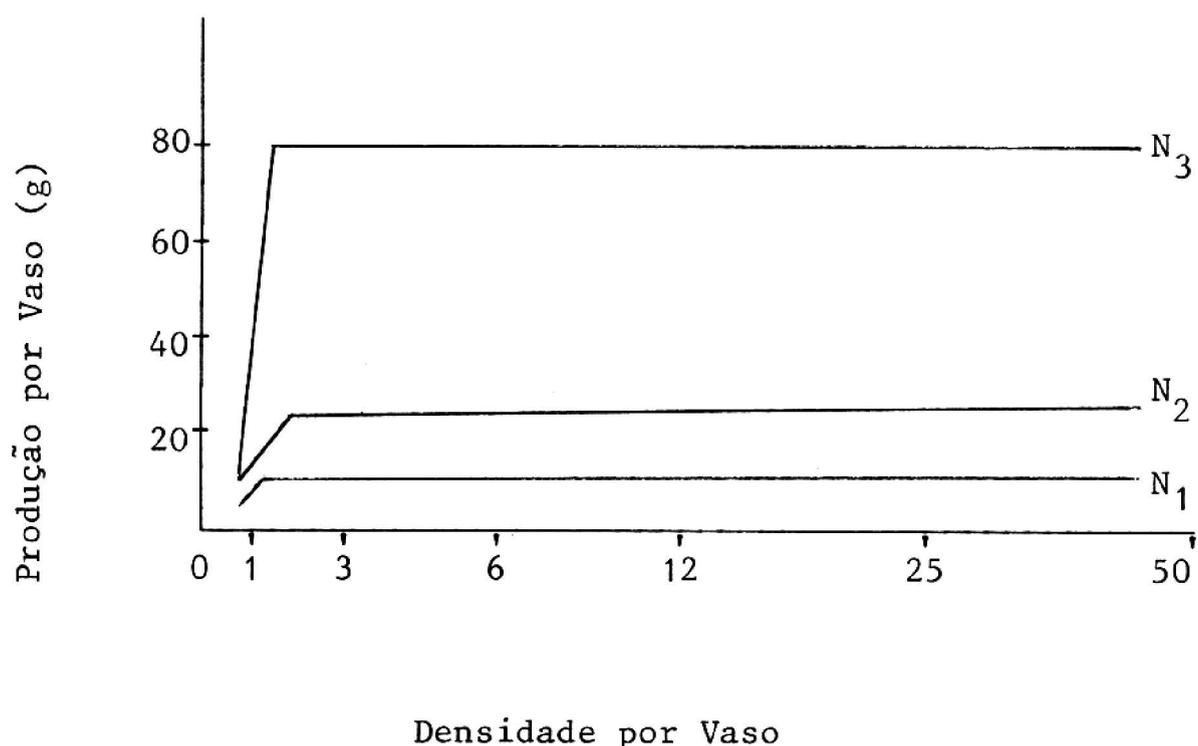


FIGURA 4. Níveis de nitrogênio, densidade de plantio. De DONALD (1951).

Os níveis de nitrogênio foram 0, 150 e 700mg de N por vaso com densidades de 1, 3, 6, 12 e 50 plantas por vaso. Verifica-se que a produção aumentou de acordo com o "Status" de nitrogênio, quase que independente da densidade de plantio por vaso.

Competição por Água

Salientam LOCATELLY e DOLL (35), que a competição por água é uma das mais importantes e muitas vezes supera a competição por nutrientes.

As plantas daninhas são, em geral, verdadeiras bombas absorventes de água. É normal em alguns agroecossistemas, como o caso do algodoeiro herbáceo ver-se as plantas murchas e as plantas daninhas sem sintomas de murchamento.

A água é uma substância de importância vital tanto no reino vegetal como no animal. Ela participa ativamente do metabolismo celular das plantas desde a germinação até o amadurecimento morfofisiológico do esporófito. DONALD (17), afirma que a competição por água geralmente ocorre junto com outras formas, especialmente de nitrogênio e também por luz.

Vários fatores influenciam na capacidade de competição entre as diversas espécies por água. Entre estes fatores pode-se citar, a taxa de exploração do volume do solo, as características fisiológicas das plantas, como capacidade de remoção da água do solo, o ponto de murchamento, que depende mais da planta do que o solo, de acordo com SLATYER (51) e KRAMER (32), regulação estomática, capacidade das raízes se ajustarem osmoticamente etc. O consumo de água pelas plantas pode ser estimado de várias maneiras tais como o coeficiente transpiratório, que relaciona a água absorvida com o peso seco de massa produzida, e a chamada eficiência transpiratória que é a relação entre a matéria seca produzida (g) por litro de água consumida.

DILIMAN (15) traz uma relação de plantas daninhas e úteis com relação aos dois fatores anteriormente comentados os quais estão contidos na Tabela 2.

TABELA 2. Coeficiente transpiratório (CT) e eficiência transpiratória (E) de algumas espécies vegetais. De DILIMAN (15)

ESPÉCIE	CT	E
Amaranthus retroflexus	261	3,83
Chenopodium album	435	2,30
Portulaca oleracea	288	3,47
Triticum vulgare	403	2,48
Setaria italica	251	3,98

Interação Radicular Passiva

Este é um aspecto muito pouco estudado. Sob condições normais a atmosfera do solo contém menos oxigênio e mais CO₂ do que o ar acima do solo, devido ao consumo do oxigênio pelas raízes e microorganismos do solo, nos seus processos oxidativos. Conforme salienta ETHERINGTON (19), as plantas cujas raízes são sensíveis ao deficit temporário de oxigênio e ou ao excesso de CO₂ levam desvantagem e perdem na competição para aquelas mais tolerantes.

SHEIKH (50), por exemplo, encontrou que *Molinia Caerulea* foi menos sensível a alta taxa de CO₂ do que *Erica tetralix* em solos em condições de encharcamento.

Alelopatia

Os aspectos alelopáticos ou teletóxicos são considerados por ETHERINGTON (19) como sendo causados por interações diretas das plantas, que podem liberar toxinas ao solo capazes de inibir a germinação e o crescimento de outras espécies ou da própria espécie, fenômeno chamado de autocompetição.

Foi De Candolle em 1832 quem primeiro suspeitou que determinadas plantas poderiam liberar toxinas ao solo. Po

rêm, naquela época o conhecimento sobre métodos analíticos era pequeno e só posteriormente é que foi comprovado o fenômeno da alelopatia. Diversas plantas daninhas possuem a capacidade de teletoxidade. CARDENAS *et alii* (9) salientam que a tiririca (*Cyperus rotundus*, L.) tem a capacidade de lançar toxinas ao solo que inibe a germinação das sementes de várias espécies. Por outro lado, LOCATELLY e DOLL (35), salientam que as raízes de *Juglans nigra* produzem o 5 - hidróxi - alfa - naftaquinona, o qual é um inibidor de crescimento de muitas outras espécies.

Outras espécies, como o sorgo, liberam glicosídeos cianogenados ao solo, que ao sofrerem hidrólise formam o HCN, que é um produto altamente tóxico a maioria das formas de vida conhecida.

BELTRÃO e AZEVEDO (2), verificaram que o sorgo é uma planta altamente competitiva com o algodoeiro arbóreo, principalmente quando plantado no mesmo dia. Parece, que estão envolvidos aspectos da competição e alelopatia causada pelo sorgo, pois não houve competição por luz nem nutrientes e sim por água. Os resultados levam a crer que o sorgo lança toxinas ao solo (HCN) que inibe o crescimento do algodão que quanto mais novo é mais sensível ao produto tóxico. Quando o sorgo foi plantado 15 dias depois do plantio do algodão, a redução no rendimento da malvácea foi bem menor, conforme pode ser visualizado na Tabela 3.

TABELA 3. Médias dos tratamentos para rendimento e precocidade. Época relativa de plantio do consórcio sorgo-algodão. De BELTRÃO e AZEVÊDO (2)

Tratamentos	ALGODÃO		SORGO
	Rendimento (kg/ha)	Precocidade %	Rendimento M. Verde (t/ha)
- Algodão isolado	298,73 a	74,09	-
- Algodão + sorgo plantados no mesmo dia	93,29 b	61,44	10,81 a
- Sorgo plantado 15 dias após o algodão	155,65 b	63,49	7,50 b
- Sorgo plantado 30 dias após o algodão	174,78 b	69,94	4,31 bc
- Sorgo plantado 40 dias após o algodão	173,67 b	64,79	2,56 c
Teste F	**	ns	**
C.V. (%)	31,39	14,67	27,55

OBS.: Numa mesma coluna, duas médias seguidas de letra comum, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade

Uma série de outros produtos liberados pelas plantas podem causar efeitos alelopáticos, tais como: Cumarina, 6 - hidróxi - 7 - metóxi - cumarina, trans - éinamida, 3 - acetil - 6 metóxi benzoldeido etc, conforme mostraram Mc LAREN e PETERSON (1967) e WINTER (1961), citados por ETHE RINGTON (19).

A Hereditariedade da Capacidade Competitiva

DONALD (17) salienta que a maioria dos estudos sobre o fator genético da capacidade competitiva das plantas tem sido realizados por SAKAI e colaboradores em Misima - Japão. Os estudos mostram que a habilidade competitiva tem base genética. Por exemplo, quando nove variedades de trigo foram crescidas sozinhas e em todos os pares, os dados obtidos permitem verificar que existe a "habilidade geral de competição" e a "habilidade específica de competição", ou seja cada citoplasma comporta-se diferentemente dependendo do seu competidor.

Competição e Período Crítico de Competição

Conforme salienta WILLIAM (56), as plantas daninhas, por intermédio da competição, podem diminuir significativamente os rendimentos das culturas e sua qualidade. Salienta que os trabalhos de pesquisa sobre a competição de ervas daninhas nas culturas são importantes por várias razões:

- Indicam quando se tem que eliminar a competição de plantas daninhas na cultura.
- Indicam qual efeito residual o herbicida precisa ter no solo para controlar as ervas daninhas.
- Indicam quando se tem que aplicar um herbicida em pós-emergência.

CARDENAS (10) afirma que para se dirigir um controle adequado e econômico de plantas daninhas é necessário o conhecimento do período em que as invasoras exercem a maior competição. Salienta que a competição é de natureza bastante complexa sendo função do ambiente, solo, da cultura e da composição do complexo florístico daninho. Por outro lado,

CAMARGO *et alii* (7) salientam que em geral, o efeito das plantas daninhas é mais prejudicial à cultura em seu período inicial (período crítico), de duração variável conforme a cultura, clima, solo etc.

O conhecimento da duração do período crítico é de maior importância, porque determina a época conveniente para a execução das práticas de controle, seja mecânicas ou químicas. O controle cultural, exercido pela própria cultura, é essencial no êxito da exploração agrícola. A metodologia básica para o estudo do chamado período crítico de competição foi criada por JORGE NIETO *et alii* (29), e verificaram que o milho e feijão apresentam períodos dos seus ciclos em que as plantas daninhas não causam competição, e períodos em que a competição pode comprometer totalmente a produção econômica destas culturas. Verificaram, também, que o milho, planta C₄, é muito mais competitiva do que o feijão com as plantas daninhas pelo substrato ecológico.

GODEL (22) verificou que as plantas daninhas podem reduzir o rendimento do trigo em 34,8%. Na cultura da soja, STANIFORTH e WEBER (52), realizaram estudos sobre os efeitos das plantas daninhas no rendimento desta leguminosa, utilizando infestações naturais e artificiais. Observaram que a competição foi maior no período mais chuvoso, quando o crescimento das plantas daninhas foi mais vigoroso, e que a competição foi forte no início da formação das vagens até a maturidade.

No México, RAMIREZ e JORGE NIETO (43) determinaram as épocas críticas de competição entre as plantas daninhas e o algodoeiro sob condições de irrigação e de sequeiro, concluindo que em condições de irrigação, é necessário um período de 120 dias do plantio, com a cultura livre de ervas daninhas para produzir o máximo. Por outro lado, em condições de sequeiro, o período crítico de competição foi de apenas 60 dias.

Na cultura algodoeira herbácea, BELTRÃO *et alii* (1), estudaram em condições de campo, a influência competitiva das plantas daninhas, principalmente a tiririca (*Cyperus rotundus*, L.) e o capim-de-burro (*Cynodon dactylon*, L.). Observaram que a competição imposta pelas plantas daninhas nos

dois primeiros meses de crescimento e desenvolvimento da cultura, reduziu a produtividade em mais de 90% em relação ao tratamento livre de ervas durante todo ciclo, além de reduzir, a precocidade, altura das plantas e promover oligofilia e hipotrofia das folhas.

Em Minas Gerais, considerando várias localidades e tipos de solos e em dois anos agrícolas LACA-BUENDIA *et alii* (33) estudaram o período crítico de competição entre comunidades de plantas daninhas e o algodoeiro herbáceo, cultivares IAC 13-1 e Minas Dona Beja. Verificaram que a competição das plantas daninhas, quando não controladas, com a cultura, provocou 90,22% de perda no rendimento no Triângulo Mineiro e 70,73% no Norte de Minas.

Nas Figuras 5 e 6 pode-se observar os resultados da queles autores, denotando-se o nível crítico de competição do complexo florístico das regiões estudadas.

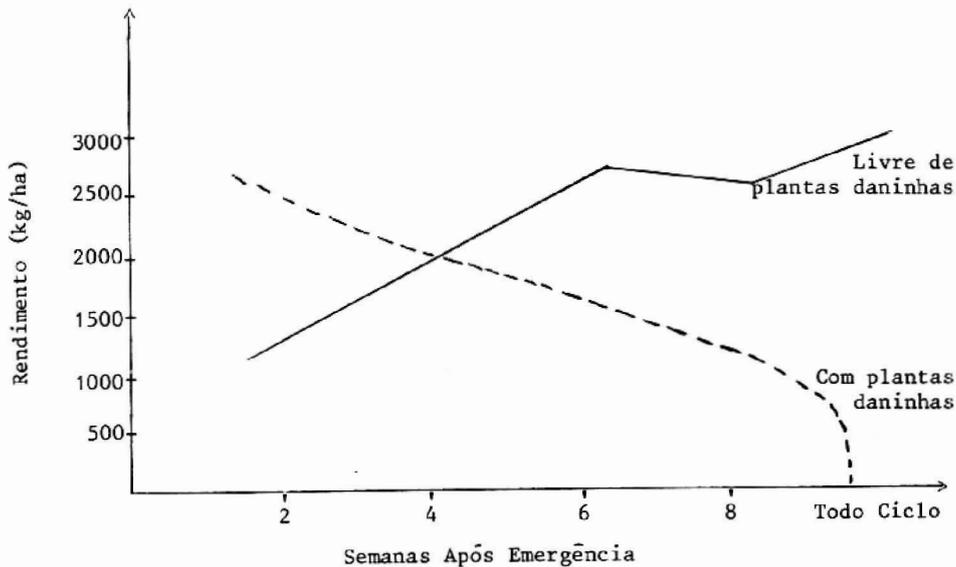


FIGURA 5. Período crítico de competição de uma comunidade natural de plantas daninhas e o algodoeiro no Triângulo Mineiro nos anos agrícolas 74, 75 e 76. De LACA BUENDIA *et alii* (33)

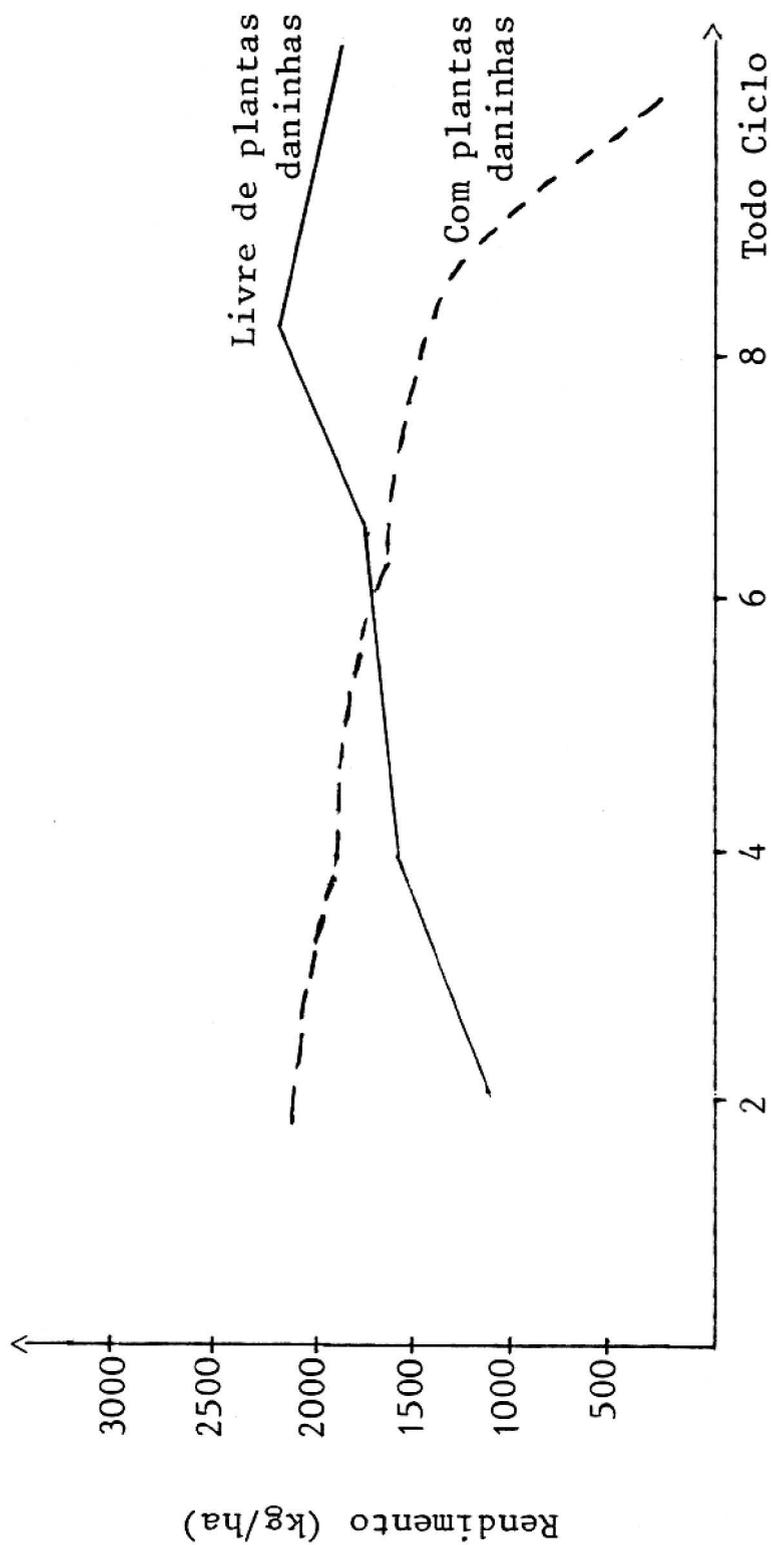


FIGURA 6. Período crítico de competição de uma comunidade natural de plantas daninhas e o algodoeiro no Norte de Minas, nos anos agrícolas 74, 75 e 76. De LACA-BUENDIA et alii (33)

Analisando-se as Figuras anteriores, do trabalho de LACA-BUENDIA *et alii*, observa-se que houve diferenças entre localidades. Na realidade, o período crítico de competição é de natureza bastante complexo, sendo função de variáveis múltiplas que interagem dinamicamente e com variações, dependendo das condições ecológicas de cada agroecossistema.

Resultados um pouco diferentes foram os de SCHWERZEL e THOMAS (49) e CAMPOS e DISU (8), que verificam, que em condições de seca, o período crítico de competição entre as plantas daninhas e o algodoeiro estava compreendido entre a segunda e quarta semanas após a emergência das plântulas de algodão.

A manipulação cultural também tem grande influência na capacidade emulativa das plantas daninhas sobre as culturas, conforme foi observado por ROGERS *et alii* (48) na cultura algodoeira. Aludidos autores observaram a influência do espaçamento entre fileiras de algodão sobre a competição imposta pelas plantas daninhas. Salientam que com fileiras estreitas (53 cm), o rendimento máximo foi obtido quando o algodoeiro permanece livre de ervas por um período de aproximadamente seis semanas, entretanto, com espaçamento mais largo (106 cm), para se obter a mesma produção, foi necessário um período livre de plantas daninhas de dez a quatorze semanas.

BELTRÃO *et alii* (3), em estudos nas zonas algodoeiras dos Estados da Paraíba e Pernambuco, determinaram o período de competição entre as plantas daninhas e o algodoeiro herbáceo. Verificaram que independentemente da cultivar (Reba B-50 e AFC 38-12) do ano e dos locais testados, bem como da natureza da população daninha para cada local, que os primeiros 45-60 dias após a emergência foram o período crítico em que as plantas daninhas causaram maiores prejuízos à cultura.

Salientam que a competição imposta pelas plantas daninhas nos primeiros 45-60 dias após a emergência da cultura, promoveu profundas modificações apossimplásticas no algodoeiro, reduzindo rendimento, altura de planta, peso de 100 sementes e peso de capulho. É necessário que se dê à cultura condições favoráveis para que ela "per si" realize

o controle cultural, ou seja, possibilita que a cultura cresça rapidamente e iniba os seus competidores. Várias práticas culturais podem ajudar a cultura para o seu pleno estabelecimento, tais como adubação correta, escolha da cultivar e época de plantio etc.

BUCHANAN e McLAUGHLIN (6), bem como ROBINSON(46), demonstraram a importância do "Status" de nitrogênio no solo como fator amenizador da competição entre o algodoeiro e as plantas daninhas. Quando o teor de nitrogênio, no solo, for elevado, o algodoeiro pode tolerar, sem prejuízo do rendimento, mais de 50% do período de competição.

Por outro lado, MORAN-VAL e MILLER (37) verificaram que existem diferenças marcantes entre as cultivares de algodoeiro com relação a capacidade competitiva.

Outro aspecto de grande interesse prático no manejo do ecossistema para minimizar a competição é procurar eliminar as plantas daninhas especialmente nas linhas do cultivo.

ROBINSON (47) verificou que as plantas daninhas que ocorrem dentro da fileira do algodão são mais prejudiciais do que as que ocorrem entre-fileiras, e que tal fato depende da habilidade competitiva da planta daninha.

Por outro lado BELTRÃO *et alii* (4) em ensaio envolvendo três fatores estudados anteriormente isolados, ou seja, natureza da cultivar, adubação nitrogenada e localização especial das plantas daninhas verificaram que a competição imposta pelas plantas daninhas na área total e durante todo o ciclo da cultura, anula os efeitos dos demais fatores de crescimento. Outras conclusões tiradas pelos referidos autores foram:

- A competição dentro da fileira é tão danosa como a competição total.
- A competição entre as fileiras é intermediária entre sem competição no período crítico (primeiros 60 - 70 dias da cultura) e a competição total.
- Uma dose média de nitrogênio (60 kg/ha), aumenta ligeiramente a capacidade competitiva do algodoeiro herbáceo.

Na Figura 7 pode-se observar as formas de competição testadas ou seja sem competição até os primeiros 60-70 dias da cultura, competição apenas dentro da fileira numa faixa de 20cm de largura, competição entre as fileiras numa faixa de 80 cm de largura e competição total, todas adubadas com N, P e K e cultivar Reba B 50. Conforme pode ser visto na fase vegetativa da cultura a competição na área total e dentro da fileira é extremamente danosa ao algodoeiro.

Na Figura 8 tem-se os mesmos tratamentos da Figura 7, sendo, que as plantas se encontravam na época da primeira colheita. A vegetação daninha era constituída principalmente pelas seguintes plantas: carrapicho (*Cenchrus echinatus*, L.), tiririca (*Cyperus rotundus*, L.) grama-de-burro (*Cynodon dactylon*, L.) e mata pasto (*Cassia tora*, L.).

A competição causada pelas plantas daninhas reduziu o índice de área foliar da cultura, peso de 100 sementes, peso de 1 capulho etc, causando redução drástica no rendimento da malvãcea em consideração.

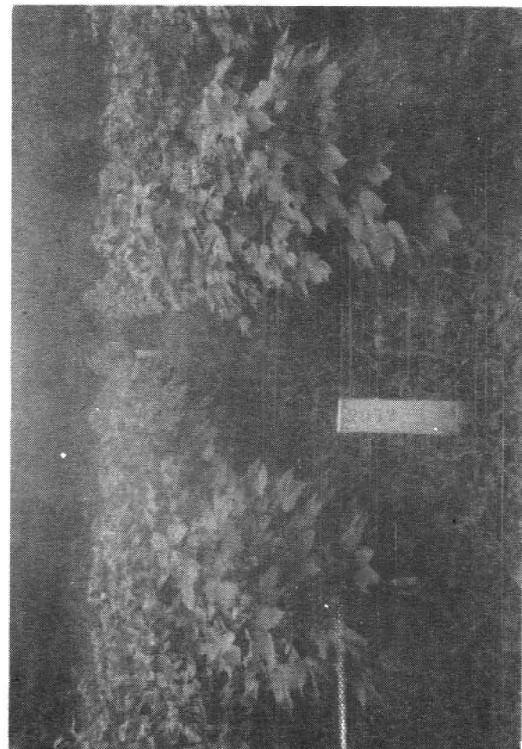
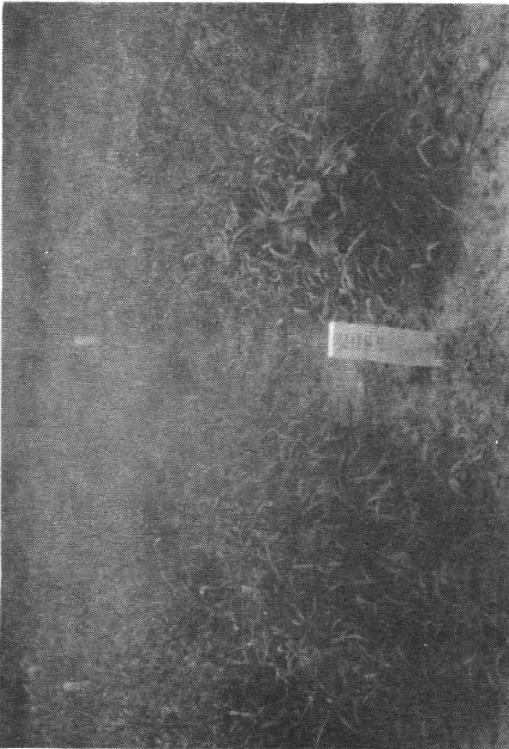


FIGURA 7 - Formas de competição entre plantas daninhas e o algodão eiro herbáceo, cultivar Reba B-50. De BELTRÃO et alii (4).

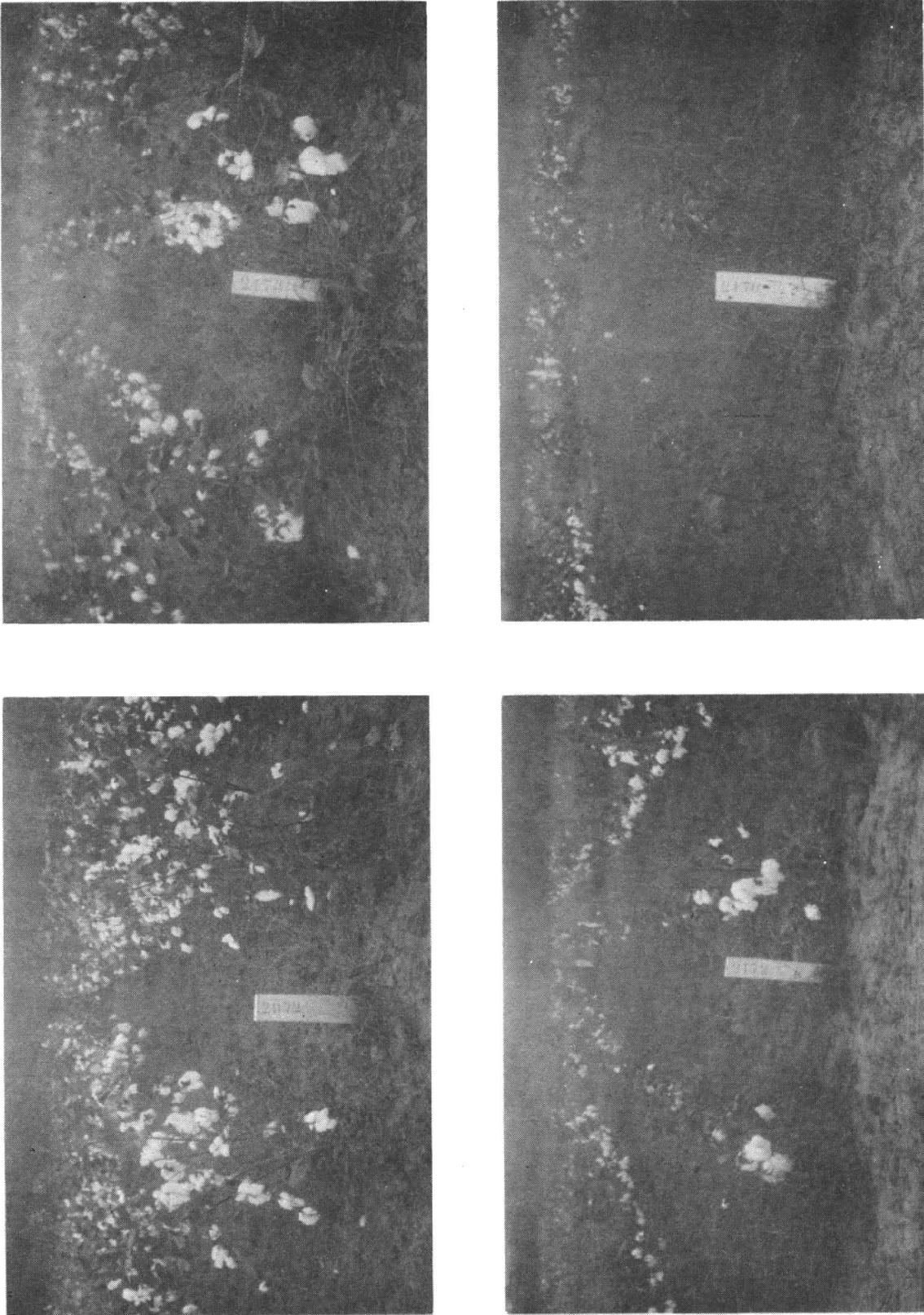


FIGURA 8 - Formas de competição entre plantas daninhas e o algodão
eiro herbáceo, cultivar Reba B-50. De BELTRÃO et alii (4).

Competição entre Plantas Cultivadas.

As pressões exercidas pela população afetam de modo drástico, o crescimento e desenvolvimento das plantas. Quando a população aumenta até um certo ponto, que depende da espécie, a competição aumenta rapidamente entre as plantas por nutrientes, luz, água, etc. Pode-se afirmar que o efeito desta crescente competição é semelhante ao decréscimo de concentração de um fator de crescimento (JANICK, 28).

A população ótima é aquela que proporciona o maior retorno líquido para o agricultor.

O rendimento por unidade de área é igual ao rendimento por planta, vezes o número delas.

HOLLIDAY (24 e 25) fornece um sumário que enfatiza duas diferentes interações entre população-rendimento, quando ocorre aumento na densidade de plantio.

As diferenças das respostas devem-se a origem da produção econômica, ou seja, se o produto é originário da parte reprodutiva da planta (sementes), que é o caso do algodão, ou se é proveniente da parte vegetativa, por exemplo as raízes da mandioca. No caso do produto pertencer a parte reprodutiva a curva é uma parábola tendo uma equação quadrática.

$$Y = a + bx - cx^2$$

Onde:

Y = rendimento por unidade de área.

x = população de plantas

a, b e c = constantes da regressão.

Na Figura 9, pode-se contemplar o que acontece, quando o produto é a semente e também o que se verifica com a produção biológica ou produtividade primária.

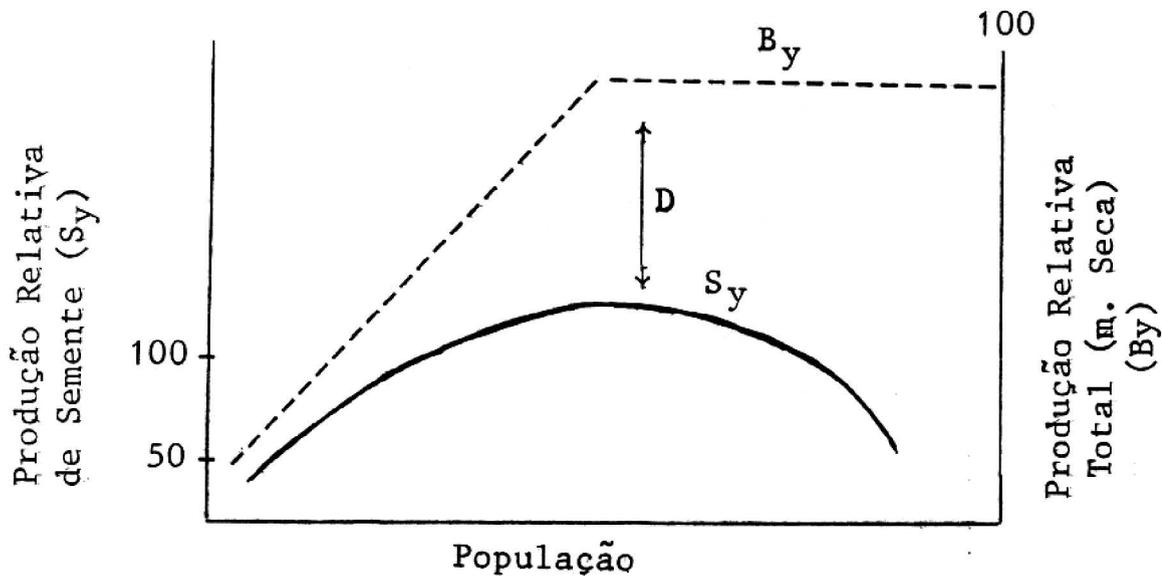


FIGURA 9. Efeito do aumento da população na produção total e produção econômica. Segundo HOLLIDAY (24).

Quando a produção econômica faz parte do crescimento vegetativo da planta, a produção responde ao aumento da densidade de plantio assintoticamente. A curva é uma hipérbole retangular, cuja equação é a que se segue:

$$Y = Ax \frac{1}{1 + Abx}$$

Onde:

Y = produção de peso seco por unidade de área;
 A = produção máxima aparente por planta;
 x = número de plantas por unidade de área;
 b = coeficiente de regressão linear.

O termo $1/1 + Abx$ é chamado de fator de competição e representa a maneira de como A é reduzido pelo aumento da competição, resultante de uma maior densidade de plantio.

Em ambos os casos, quando a população se encontra abaixo do nível no qual ocorre a competição entre-plantas, o seu aumento não produzirá efeito sobre o comportamento das plantas, individualmente o rendimento por unidade de área aumenta na razão direta do aumento da população. Porém assim que se verifica a competição entre plantas o rendimento de cada uma delas diminuirá.

Competição Interna

A competição interna refere-se a concorrência por metabólitos ou fotossintatos dentro da planta, ou seja, verifica-se uma luta entre os diversos órgãos da planta pelo alimento disponível. O referido fato, recebe a influência do ambiente, bem como da manipulação cultural, envolvendo espaçamento, densidade de plantio, natureza do solo e suas propriedades químicas e físicas etc.

Em fruteiras, conforme salienta JANICK (28), a relação entre o número de folhas e o de frutos é um fator importante quanto ao tamanho destes. As sementes têm a primazia, quanto aos metabólitos produzidos pelas folhas. Satisfeitas estas necessidades, o fotossintato em excesso torna-se disponível para os órgãos vegetativos. Já em plantas herbáceas, as raízes são os órgãos mais consumidores da planta.

Na Figura 10 tem-se a relação existente entre o tamanho do fruto e o número de folhas por fruto, em Macieira, cultivar deliciosa. Observa-se que quanto maior o número de trofófilos por fruto, maior será o tamanho final atingido por ele, pois haverá mais fotossintato a sua disposição, possibilitando um maior crescimento do mesmo.

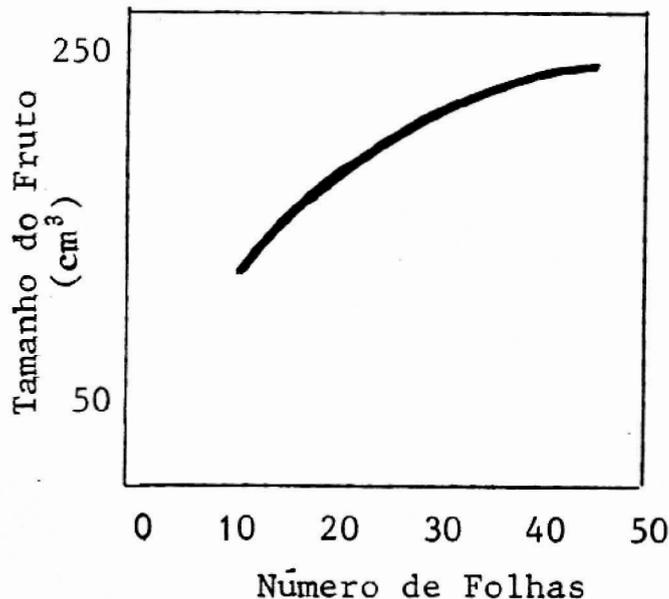


FIGURA 10. Relação entre tamanho do fruto e número de folhas por fruto. Macieira. De JANICK (28)

Relacionamento da Competição Interplanta com a Intraplanta

As plantas cultivadas não competem por espaço físico, porém competem por outros fatores ambientais que já influem no espaço vital, pois antes delas concorrerem por espaço, já houve a competição por água, luz, nutrientes etc.

DONALD (17), tenta explicar como é que a competição se desenvolve numa cultura pouco adensada, medianamente adensada e muito adensada. Os extremos reduzem a produção, e a produtividade está intimamente relacionada com a uniformidade do plantio envolvendo a sua configuração e densidade. Conforme foi visto anteriormente, pode haver competição entre plantas e dentro de cada planta. Num adensamento pequeno, a planta não sofre a competição das outras, assim produz um grande número de primórdios florais que posteriormente transformam-se em flores e o número de flores é chamado produtividade potencial. Ocorre que se estabelece uma competição entre as flores, cada uma delas briga pelo fotossintato produzido pelas folhas. Como o alimento não é suficiente para todas, verifica-se a queda de flores e as que ficam originam, após a polinização e fertilização, as sementes e os frutos, dando a produtividade real econômica (PRC). Assim com uma baixa população, a competição dentro de cada planta é grande e a entre plantas é minimizada.

Com o espaçamento médio, população intermediária, vai haver competição média entre plantas e cada uma delas formará menos primórdios florais do que o caso anterior, devido também a competição dentro da planta e o resultado é uma produção equilibrada.

No caso do plantio muito adensado, população elevada, a competição entre plantas se estabelece desde a emergência das plântulas, a planta produz poucos primórdios florais e tende a produzir muito pouco, havendo aumento considerável de plantas improdutivas. Evidentemente, isso dependerá de cada espécie e variantes (ecótipos) dentro de cada espécie.

DONALD (17), salienta que no caso do milho (*Zea mays* L.) em densidades externas, o peso de qualquer planta é diretamente proporcional ao peso da planta C e inversamente

proporcional ao peso da planta B, conforme o esquema abaixo sendo a planta em consideração a "X".

E	F	G	H	X	J	K	L	
R	K	P	D	B	I	M	N	O
Z	W	Y	V	C	S	T	U	

Interação Cooperativa e Interação Competitiva

Nas populações de plantas se estabelece inúmeras interações de natureza complexa, porém pode-se considerar a cooperativa e a competitiva como altamente importantes para se obter a produção ideal ou seja a que apresente maior retorno de capital.

A interação cooperativa diz respeito a altura da planta. Verifica-se que a altura da planta aumenta com o incremento da população até certo limite e o máximo da altura e uniformidade será obtido com a população média, que varia de espécie para espécie. Em espaçamento fechados, as plantas menores, ou seja, mais baixas apresentam uma maior habilidade de crescimento para compensar a diferença de altura entre ela e as outras que estavam-lhe sombreando.

A interação competitiva refere-se a agregação de peso seco. Ou seja, as plantas menores apresentam uma menor habilidade de agregar peso seco do que as mais altas devido a competição pela luz, pois as plantas baixas, sombreadas, tendem a acumular menos peso do que as mais altas.

Assim, a uniformidade é máxima em espaçamentos que permitam um adensamento médio de plantas, ou seja nem aberto, nem fechado, devido a interação competitiva entre e dentro das plantas. A uniformidade está intimamente ligada com a produtividade assim como a desuniformidade com a improdutividade da cultura. O ideal é o equilíbrio entre a interação cooperativa e a competitiva.

Na Figura 11, observa-se que foi comentado anteriormente.

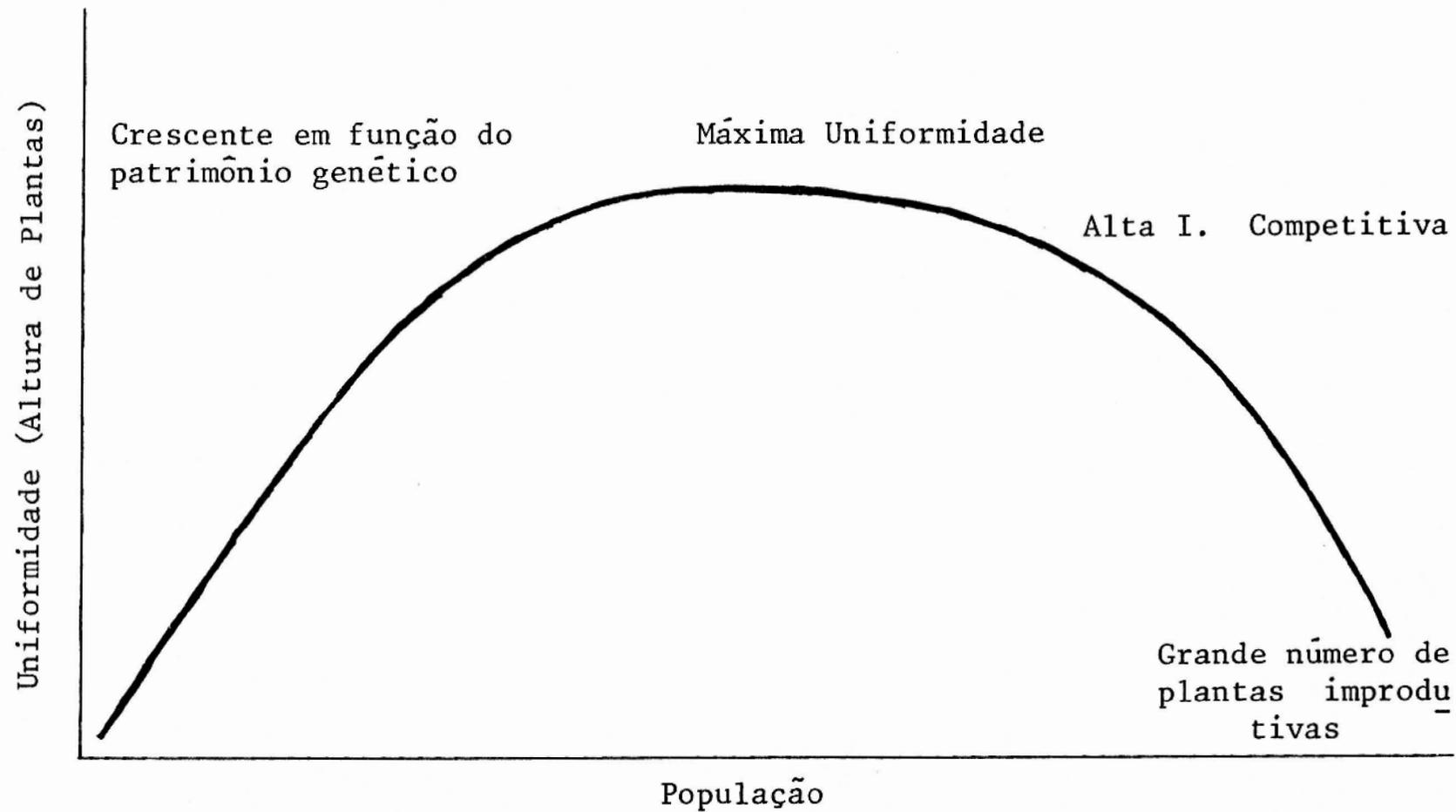


FIGURA 11. Relacionamento entre altura, rendimento e população de plantas. De DONALD (17) modificada pelo autor

LITERATURA CITADA

1. BELTRÃO, N.E. de M.; CANUTO, V.T.B. & AGUIAR, M.J.N. In fluência competitiva da tiririca e do capim-de-burro sobre o algodoeiro herbáceo cultivar AFC 38-12. Pesq. Agropec. Bras., 13 (4): 35-43, 1978.
2. BELTRÃO, N.E. de M. & AZEVEDO, D.M.P. Época relativa de plantio do sorgo *Sorghum bicolor* (L.) Moench no consórcio com o algodoeiro arbóreo (*Gossypium hirsutum* L. *marie galante* Hutch). In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa do Algodão, Campina Grande, PB. Relatório técnico anual - 1979. Campina Grande, 1981. p. 179-80.
3. BELTRÃO, N.E. de M.; AZEVEDO, D.M.P. & LIMA, R.N. Competição entre plantas daninhas e o algodoeiro herbáceo "Gossypium hirsutum" raça latifolium L. nos Estados da Paraíba e Pernambuco. Campina Grande, EMBRAPA - CNPA, 1979. p. 5-23. (EMBRAPA. CNPA. Boletim Técnico, 2).
4. BELTRÃO, N.E. de M.; AZEVEDO, D.M.P. & LIMA, R.N. Interação entre os efeitos da competição de plantas daninhas, da adubação nitrogenada e da cultivar em algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum*, *latifolium* L.). In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa do Algodão, Campina Grande, PB. Tratos culturais. Campina Grande, 1979. p. 1-25. (EMBRAPA. CNPA. Boletim Técnico, 1).
5. BLACK, Jr. C.C. Photosynthetic carbon fixation in relation to net CO₂ uptake. Ann. Rev. Plant. Physiol., 24: 253-286, 1973.
6. BUCHANAN, G.A. & McLAUGHLIN, R.D. 1975. Influence of nitrogen on weed competition in cotton. Weed Sci., 23 (4): 324-328, 1975.
7. CAMARGO, P.N.; MARINIS, G.; HAAG, H.P.; SAAD, O.; FORSTER, R. & ALVES, A. Texto Básico de Controle químico

co de plantas daninhas. 4 ed. Piracicaba, SP, 1972.
p. 32-3.

8. CAMPOS, F.F. & DISU, M.M. Response of cotton to different duration of weed control (Variety Deltapine 16). CLSU. Sci. Jour. Philipines., 8 (2): 9-12, 1972.
9. CARDENAS, J.; REYES, C.E.; DOLL, J.D. & PARDO, F. Tropical weeds. Bogotá, Instituto Colombiano Agropecuario, 1972. v. 1. p. 75.
10. CARDENAS, J. Princípio de competencia de malezas. Cali -Colombia, CIAT, 1973. 10p.
11. CLEMENTS, F.E. & SHELFORD, V.E. Bio-Ecology. London, John Willey & Sons, 1939. 425 p.
12. CRAFTS, A.S. Modernan weed control. s.l., University of California Press, 1975. p. 67-100.
13. DAJOZ, R. Ecologia Geral. s.l. Vozes, 1978. p. 183.207
14. DECKER, J.P. The uncommon denominator in photosynthesis as related to tolerance. For. Sci., 1: 88-89, 1955.
15. DILIMAN, A.C. The water requirements of certain crop plants and weeds in the Northern Great Plains. J. Agri. Res., 42: 187-238, 1931.
16. DONALD, C.M. The interaction of competition for light and for nutrients. Aust. Jour. of Agr. Res., 9 (4): 421-35, 1958.
17. DONALD, C.M. Competition among crop and pasture plants. Adv. Agron., 15: 1-117, 1963.
18. DOWNTON, W.J.S. The occurrence of C_4 photosynthesis among plants. Photosynthetica, 9: 96-105, 1975.
19. ETHERINGTON, J.R. Environment and plant ecology. New

- York, John Willey & Sons, 1975. p. 276-308.
20. GAASTRA, P. Photosynthesis of leaves and field crops. Netherl. Jour. of Agric. Sci., 10: 311-24, 1962.
 21. GALLO, J.R.; MORAES, F.R.P.; LOTT, W.L. & INFORZATO, R. Absorção de nutrientes pelas ervas daninhas e sua competição com o cafeeiro. Campinas, Inst. Agron., 1958. (Bol., 104).
 22. GODEL, G.L. Relation between rate of seeding and yield of cereal crops in competition with weeds. Sci. Agr., 16: 165-8, 1935.
 23. HOLM, L. & HERBERGER, J.J. The world's worst weeds. In: Asian - Pacific weed conference, 2., Philipinas, 1969. p. 1-14.
 24. HOLLIDAY, R. Plant population and crop yield. Part I. Field Crop. Abstr., 13: 159-167. 1960a.
 25. HOLLIDAY, R. Plant population and crop yield. Part II. Field Crop. Abstr., 13: 247-254. 1960b.
 26. HUBER, W.; SANKHLA, N. & ZIEGLER, H. Eco-physiological studies on Indian arid zone plants. I. Photosynthetic characteristics of *Pennisetum typhoides* (Brum. f) Stapf and Hubbard and *Lasiurus indicus*. Henr. Oecologia., 13: 65-71, 1973.
 27. HUBER, W. & SANKHLA, N. C₄ pathway and regulation of the balance between C₄ e C₃ metabolism. In: LANGE, O.L.; KAPPEN, L. & SCHULZE, E.D. Water and plant life. Spinger-Verlag. Berlin Heidelberg. New York, 1976. p. 335-63.
 28. JANICK, J. A Ciência da Horticultura. s.l., Freitas Bastos, 1968. p. 238-86.
 29. JORGE NIETO, O.H.; BRONDO, M.A. & GONZALEZ, J.T. Critical periods of the crop growth cycle for competition from weeds. PANS, 14 (2): 159-166, 1968.

30. KHANNA, R. & SINHA, S.K. Change in predominance from C₄ to C₃ pathway following anthesis in *Sorghum*. Biochem. Biophys. Res. Commun., 52: 121-4, 1973.
31. KLINGMAN, G.C.; ASHTON, F.M. & NOORD HOFF, L.J. Weed Scienci: Principles and practices. New York, John Willey & Sons, 1975. p. 20-1.
32. KRAMER, P. Plant & Soil water relationships: A modern synthesis. New York, Graw-Hill Book Company, p. 1969. p. 352-5.
33. LACA-BUENDIA, J.P.; PURCINO, A.A.C.; PENNA, J.C.V. & FERREIRA, L. Período crítico de competição entre comunidades de plantas daninhas e o algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) no Estado de Minas Gerais. Planta Daninha., 2 (2): 89-95, 1979.
34. LEVITT, J. Responses of plants to environmental stress. New York, Academic Press, 1972. p. 9-16.
35. LOCATELLY, E. & DOLL, J.D. Competencia y alelopatia. In: DOLL, J.D. Manejo y control de malezas en el trópico. Cali-Colombia, CIAT, 1977. p. 25-34.
36. LOOMIS, R.S. & WILLIAMS, W.A. Maximum crop productivity. An Estimate. Crop Science., 10: 67-72, 1962.
37. MORAN-VAL, C.A. & MILLER, P.A. Inter-row competitive effects among four cotton cultivars. Crop. Sci., 15: 479-82, 1975.
38. MUZIK, T.J. Weed biology and control. New York, McGraw-Hill Book Company, 1970. p. 47-67.
39. ODUM, E.P. Ecologia. São Paulo, Pioneira, Universidade de São Paulo, 1969. p. 136-44.
40. OLIVEIRA DIAS, J.D. & CARNEIRO, H. Agricultura Geral. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 1953. p. 213-18. (SIA. Série didática, 13).

41. PAVLYCHENKO, T.K. & HARRINGTON, J. B. Competitive efficiency of weeds and cereal crops. Canad. Journ. Res., 10: 77-94, 1934.
42. PAVLYCHENKO, T.K. Plant competition and weed control. Agr. Inst. Rev., 4: 142-5, 1949.
43. RAMIREZ, F.A. & JORGE NIETO, H. The critical periods of competition between weeds and winter cotton in the irrigated valley of Mochis, Sius, México. Weed Sci. Soc. of Amer. Abstr.: 152, 1968.
44. ROBBINS, W.W.; CRAFTS, A.S. & RAYNOR, R.N. Destruccion de malas hierbas. México, Union tipografica Editorial Hispano Americana, 1955. p. 54-78.
45. ROBINSON, J.B.D. Extracts from the Annual Reports of the Agricultural Chemist. Coffe series 1954/55. Bull. Coffe Board Kenya., (21): 158-160, 1965.
46. ROBINSON, E.L. Yield and height of cotton as affected by weed density and nitrogen level. Weed Sci., 24 (1): 40-42, 1976.
47. ROBINSON, E.L. Effect of weed species and placement on seed cotton yields. Weed Sci., 24 (4): 353-55, 1961.
48. ROGERS, N.K.; BUCHANAN, G.A. & JOHNSON, W.C. Influence of row spacing on weed competition with cotton. Weed Sci., 24 (4): 410-13, 1976.
49. SCHWERZEL, P.J. & THOMAS, P.E.L. Weed competition in cotton. PANS, 17 (1): 30-4, 1971.
50. SHEIKH, K.H. The responses of *Molina caerulea* and *Erica tetralix* to soil aeration and related factors. II. Effects of different gas concentrations on growth in solution culture and general conclusions. J. Ecol., 58: 141-54, 1970.
51. SLATYER, R.O. Plant-water relationships. London, Academic Press, 1967. p. 237-308.

52. STANIFORTH, D.W. & WEBER, C.R. Effects of annual weeds on the growth and yield of soybeans. Agron. Journ., 48: 467-71, 1956.
53. VARMA, S.C. On the nature of competition Between plants in the early phases of their development. Ann. Bot. N.S., 2: 203-225, 1938.
54. WEAVER, J.E. & CLEMENTS, F.E. Plant Ecology. New York, Mc Graw-Hill Book Company, 1938. 601p.
55. WILLIAM, R.D. Fisiologia das plantas eficientes (C₄) e ineficientes (C₃). In: WARREN, G.F. et alii. Curso intensivo de controle de ervas daninhas. Viçosa-Minas Gerais, 1972. p. 168-79.
56. WILLIAM, R.D. Competição de ervas daninhas e perdas culturais. In: WARREN, G.F. et alii. Curso intensivo de controle de ervas daninhas. Viçosa, Minas Gerais. 1973. p. 52-9.