

Eliane Stacciarini

Este exemplar corresponde à
redação final da tese defendida
por Eliane Stacciarini e aprovada
pela comissão julgadora.

Resolução CCPG/036/83 de 29/novembro/83

Defendida em 7/março/84.

Rosely Rod Sharif.

ESTUDO DO PERFILHAMENTO EM *Sorghum vulgare* Pers.

Tese apresentada ao Instituto de Bio-
logia da Universidade Estadual de Cam-
pinas para obtenção do título de Mes-
tre em Ciências Biológicas na Área de
Biologia Vegetal.

Orientadora: Prof^a Dra. Rosely R. Sharif

^t
ocha

CAMPINAS

1984

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

À minha mãe,
Izabel (*in memoriam*)

Ao meu pai,
Ismael,

Ao meu esposo,
José Carlos,

Ao meu filho,
Ângelo,

dedico.

AGRADECIMENTOS

Meus mais sinceros agradecimentos,

À Prof^a Dra. Rosely Sharif, pela eficiente e constante orientação durante a realização deste trabalho e pelo esforço, dedicação e amizade.

Aos professores Dra. Maria de Fátima D. A. Pereira, Dr. Hilton de S. Pinto e Dr. Ivany F. M. Válio, pela cuidadosa revisão e sugestões dadas.

Ao Eng^o Agrônomo José Carlos Seraphin e ao Estatístico Antônio Álvaro Duarte de Oliveira pela colaboração nas análises estatísticas.

Ao Prof. Dr. José Ângelo Rizzo, chefe do Departamento de Botânica da UFG, pelo incentivo e por propiciar oportunidade para realização deste trabalho.

À Prof^a Hέλvia Maria Sangali Mileski pela dedicação e cuidado com que confeccionou as figuras.

Aos meus amigos pelo incentivo e apoio constante.

Aos meus pais e familiares pelo apoio recebido.

Ao meu esposo José Carlos Seraphin pelo incentivo, apoio e compreensão.

À Universidade Federal de Goiás e à Universidade Católica de Goiás pelas licenças concedidas durante o período de realização deste trabalho.

À CAPES pelo auxílio financeiro.

ABREVIATURAS

- 6BA - 6 - benzilaminapurina
- CCC - Cloreto de 2 - cloroetiltrimetil amônio
- DMS - diferença mínima significativa
- GA₃ - ácido giberêlico
- P_c - gema lateral ou perfilho que se inicia na axila do coleoptile
- P₁ - gema lateral ou perfilho que se inicia na axila da primeira folha
- P₂ - gema lateral ou perfilho que se inicia na axila da segunda folha
- .
- .
- .
- .
- P₁₀ - gema lateral ou perfilho que se inicia na axila da décima folha.

ÍNDICE

I. INTRODUÇÃO.....	1
1. DOMINÂNCIA APICAL.....	1
1.1 - hipótese nutricional.....	1
1.2 - hipótese hormonal.....	2
1.3 - o papel de giberelinas e citocininas.....	2
1.4 - interação de diferentes fatores.....	3
2. DESENVOLVIMENTO DE GEMAS LATERAIS EM GRAMINEAE.....	7
2.1 - fatores que controlam o perfilhamento em gramínea	8
2.2 - importância do perfilhamento em gramínea.....	11
II. MATERIAL E MÉTODOS.....	14
1. MATERIAL.....	14
2. CONDIÇÕES DE CULTIVO EM VASO.....	14
3. CONDIÇÕES DE CULTIVO EM SOLUÇÃO HIDROPÔNICA.....	14
4. APLICAÇÃO DE SOLUÇÃO NUTRITIVA.....	16
4.1 - solução nutritiva completa.....	16
4.2 - soluções nutritivas alteradas.....	16
4.3 - solução nutritiva usada para cultivo em hidropô nica.....	18
5. CONDIÇÕES DE IRRIGAÇÃO.....	18
5.1 - condições de redução na disponibilidade de água...	18
5.2 - condições de excesso de água.....	20
6. CONDIÇÕES FOTOPERIÓDICAS.....	20
7. TRATAMENTO DE REMOÇÃO DE RAÍZES.....	20
8. TRATAMENTO COM REGULADORES DE CRESCIMENTO.....	20
8.1 - aplicação através do sistema radicular.....	21
8.2 - aplicação através das folhas.....	21
8.3 - aplicação através do substrato de crescimento...	21
9. MEDIDAS DE CRESCIMENTO.....	23

9.1 - medidas realizadas na planta intacta.....	23
9.2 - disseccão e medidas realizadas durante a disseccão.....	23
9.3 - peso seco.....	24
10. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	24
III. RESULTADOS.....	26
1. EFEITO DA NUTRIÇÃO MINERAL.....	26
1.1 - frequência e concentração da solução de Hoagland	26
1.2 - redução no fornecimento de nitrato.....	32
1.3 - aumento no suprimento de nitrato e fosfato	46
2. EFEITO DA DISPONIBILIDADE DE ÁGUA.....	52
2.1 - redução na disponibilidade de água.....	52
2.2 - aumento na disponibilidade de água.....	62
3. EFEITO DO FOTOPERÍODO.....	69
4. EFEITO DE RAÍZES.....	74
4.1 - remoção da raiz principal e raízes adventícias..	74
4.2 - remoção parcial da raiz principal.....	77
4.3 - remoção parcial da raiz principal e adventícias.	80
5. EFEITO DE REGULADORES DE CRESCIMENTO.....	84
5.1 - citocinina.....	84
5.2 - giberelina e CCC.....	111
IV. DISCUSSÃO.....	132
V. CONCLUSÃO.....	152
VI. RESUMO.....	154
VII. BIBLIOGRAFIA.....	156

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1	- Composição da solução nutritiva padrão modificada de Hoagland e Arnon (1938).....	17
Tabela 2	- Composição dos nutrientes utilizados para substituir o nitrogênio na solução padrão.....	19
Tabela 3	- Composição da solução de ferro utilizada para cultivo em hidropônica.....	19
Tabela 4	- Condições para tratamento com reguladores de crescimento aplicados através das raízes.....	22
Tabela 5	- Comprimento (cm) das gemas axilares de plantas crescendo ou não com redução na disponibilidade de água do solo, após 28 dias (Experimento I) e 35 dias (Experimento II) de crescimento.	60
Tabela 6	- Porcentagem de plantas que apresentaram os perfis da segunda e terceira folhas emergidos, após 20 dias (Experimento I) e 21 dias (Experimento II) de crescimento em solução hidropônica. Plantas com sistema radicular intacto ou remoção parcial da raiz principal.....	82
Tabela 7	- Comprimento (mm) das gemas axilares da segunda e terceira folhas, após 20 dias (Experimento I) e 21 dias (Experimento II) de crescimento em solução hidropônica. Plantas com sistema radicular intacto ou remoção parcial da raiz principal.....	83

Tabela 8 - Porcentagem de plantas que apresentaram os perfilhos da segunda a terceira folhas emergidos, após 23 dias de crescimento em solução hidropônica. Plantas com a raiz principal parcialmente removida, nas quais foram mantidas 6 ou 3 raízes adventícias.....	88
Tabela 9 - Comprimento (mm) das gemas axilares e perfilhos, após 35 dias de crescimento em vermiculita. Plantas tratadas ou não com 6BA por 4h em diferentes concentrações.....	94
Tabela 10 - Média do comprimento e largura (cm) da 3 ^a , 4 ^a , 5 ^a e 6 ^a folha, após 35 dias de crescimento. Plantas tratadas ou não com 6BA por 4h em diferentes concentrações.....	96
Tabela 11 - Média de comprimento e largura (cm) da 3 ^a e 4 ^a folhas, após 35 dias de crescimento em vermiculita. Plantas tratadas ou não com 6BA 10 ⁻⁵ M por meia hora.....	101
Tabela 12 - Comprimento (mm) das gemas axilares e perfilhos, após 23 dias de crescimento. Plantas tratadas ou não com 6BA 10 ⁻⁶ M em diferentes tempos de tratamento.....	106
Tabela 13 - Comprimento (mm) das gemas axilares, após 35 dias de crescimento, plantas tratadas ou não com GA ₃ por meia hora em diferentes concentrações.....	118
Tabela 14 - Média do comprimento e largura (cm) da 3 ^a , 4 ^a , 5 ^a e 6 ^a folha, após 35 dias de crescimento em vermiculita. Plantas tratadas ou não com GA ₃ por meia hora em diferentes concentrações	119

- Tabela 15 - Comprimento (mm) das gemas axilares e perfilhos, após 23 dias de crescimento em vermiculita. Plantas tratadas ou não com GA₃ 10µg... 124
- Tabela 16 - Média do comprimento e largura (cm) da 2^a, 3^a e 4^a folha, após 23 dias de crescimento em vermiculita. Plantas tratadas ou não com GA₃ 10µg..... 125
- Tabela 17 - Comprimento (mm) das gemas axilares incisadas; comprimento dos perfilhos (valores entre parênteses) e número de perfilhos, após 23 dias de crescimento. Plantas tratadas ou não com CCC em diferentes concentrações 130.

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1 - Altura da planta, durante o período de crescimento e do eixo principal, após o término do experimento, de plantas tratadas com Hoagland na sua concentração normal, uma ou duas vezes por semana e com Hoagland 50%, uma vez por semana..... 27
- Figura 2 - Peso seco da parte aérea e sistema radicular, após o término do experimento, de plantas tratadas com Hoagland na sua concentração normal uma ou duas vezes por semana, e com Hoagland 50%, uma vez por semana..... 29
- Figura 3 - Número de folhas emergidas, durante o período de crescimento analisado, de plantas tratadas com Hoagland na sua concentração normal, uma ou duas vezes por semana e com Hoagland 50%, uma vez por semana..... 30
- Figura 4 - Número de folhas e gemas iniciadas, folhas e emergidas e perfilhos, após o término do experimento, de plantas tratadas com Hoagland na sua concentração normal uma ou duas vezes por semana e com Hoagland 50%, uma vez por semana 31
- Figura 5 - Altura das plantas, durante os períodos de crescimento e do eixo principal, após o término dos experimentos, de plantas tratadas com Hoagland completa ou sem nitrato..... 34

Figura 6 - Peso seco da parte aérea e do sistema radicular, durante os períodos de crescimento, de plantas tratadas com Hoagland completa ou sem nitrato.....	35
Figura 7 - Número de folhas iniciadas e emergidas, durante os períodos de crescimento, de plantas tratadas com Hoagland completa ou sem nitrato...	36
Figura 8 - Número de gemas axilares iniciadas e número de perfilhos, durante os períodos de crescimento, de plantas tratadas com Hoagland completa ou sem nitrato.....	38
Figura 9 - Padrão de iniciação de gemas axilares, durante 51 dias, de plantas tratadas com Hoagland completa ou sem nitrato.....	39
Figura 10 - Altura de plantas, durante o período de crescimento, de plantas tratadas com Hoagland sem nitrato ou com nitrato após o décimo ou décimo sétimo dia de crescimento.....	41
Figura 11 - Peso seco da parte aérea, durante o período de crescimento, de plantas que não receberam nitrato ou que receberam nitrato após o décimo ou décimo sétimo dia de crescimento.....	42
Figura 12 - Número de folhas iniciadas e emergidas, durante o período de crescimento, de plantas que não receberam nitrato ou que receberam nitrato após o décimo ou décimo sétimo dia de crescimento.....	43
Figura 13 - Número de gemas axilares iniciadas e perfilhos, durante o período de crescimento, de plantas que não receberam nitrato ou que receberam nitrato, após o décimo e décimo sétimo dias de crescimento.....	45

- Figura 14 - Altura das plantas, durante o período de crescimento, e do eixo principal após o término do experimento, de plantas tratadas ou não com aumento na disponibilidade de nitrato ou fosfato..... 47
- Figura 15 - Peso seco da parte aérea menos os perfilhos, total da parte aérea e do sistema radicular, após o término do experimento, de plantas tratadas ou não com aumento na disponibilidade de nitrato ou fosfato..... 48
- Figura 16 - Número de folhas e gemas iniciadas, folhas emergidas e perfilhos, após o término do experimento, de plantas tratadas ou não com aumento na disponibilidade de nitrato ou fosfato.. 50
- Figura 17 - Número de perfilhos durante o período de crescimento, de plantas tratadas ou não com aumento na disponibilidade de nitrato ou fosfato.. 51
- Figura 18 - Altura das plantas, durante os períodos de crescimento, e do eixo principal, após o término do experimento, de plantas crescendo com irrigação frequente (controle) ou com menor disponibilidade de água..... 54
- Figura 19 - Peso seco, após o término do experimento, de plantas crescendo com irrigação frequente (controle) ou com menor disponibilidade de água.. 55
- Figura 20 - Número de folhas emergidas e perfilhos, durante os períodos de crescimento de plantas crescendo com irrigação frequente (controle) ou com menor disponibilidade de água..... 57

- Figura 21 - Porcentagem de plantas com perfilhos durante 28(A) e 35 dias(B). Plantas crescendo com irrigação frequente (controle) ou menor disponibilidade de água..... 58
- Figura 22 - Número de folhas e gemas iniciadas, folhas e mergidas e perfilhos, após o término do experimento, de plantas crescendo com irrigação frequente (controle) ou com menor disponibilidade de água..... 61
- Figura 23 - Altura das plantas, durante o período de crescimento, e do eixo principal, após o término do experimento, de plantas crescendo com irrigação controle, ou com maior disponibilidade de água no solo..... 63
- Figura 24 - Peso seco, após o término do experimento, de plantas crescendo com irrigação frequente (controle) ou com maior disponibilidade de água no solo..... 64
- Figura 25 - Número de folhas e gemas iniciadas, folhas e mergidas e perfilhos, após o término do experimento, de plantas crescendo com irrigação frequente (controle) ou com maior disponibilidade de água no solo..... 66
- Figura 26 - Número de perfilhos, durante o período de crescimento, de plantas crescendo com irrigação frequente (controle) ou com maior disponibilidade de água..... 68
- Figura 27 - Altura das plantas, durante o período de crescimento, e do eixo principal, após o término do experimento, de plantas crescendo em condições ambientais ou com período adicional de iluminação..... 70

- Figura 28 - Peso seco de plantas crescendo em condições ambientais ou com período adicional de iluminação..... 70
- Figura 29 - Número de folhas e gemas iniciadas, folhas e mergidas e perfilhos, após 77 dias de crescimento, de plantas crescendo em condições ambientais ou com período adicional de iluminação, (Experimento II)..... 71
- Figura 30 - Número de folhas e perfilhos, durante o período de crescimento, de plantas crescendo em condições ambientais ou com período adicional de iluminação..... 73
- Figura 31 - Altura da planta e do eixo principal após 20 dias de crescimento em solução hidropônica. Plantas com sistema radicular intacto ou remoção total da raiz principal ou remoção de todas as adventícias..... 75
- Figura 32 - Peso seco de plantas após 20 dias de crescimento em solução hidropônica. Plantas com sistema radicular intacto ou remoção total da raiz principal ou remoção de todas as adventícias. 76
- Figura 33 - Altura das plantas e do eixo principal após 20 (Experimento I) e 21 dias (Experimento II) de crescimento em solução hidropônica. Plantas com sistema radicular intacto ou remoção parcial da raiz principal..... 78
- Figura 34 - Peso seco de plantas após 20 (Experimento I) e 21 dias (Experimento II) de crescimento em solução hidropônica. Plantas com sistema radicular intacto ou remoção parcial da raiz principal..... 79

- Figura 35 - Número de folhas e gemas iniciadas, folhas e emergidas e perfilhos de plantas após 20 (Experimento I) e 21 dias (Experimento II) de crescimento em solução hidropônica. Plantas com sistema radicular intacto ou remoção parcial da raiz principal..... 81
- Figura 36 - Altura da planta, do eixo principal e das gemas laterais da segunda e terceira folha, após 23 dias de crescimento em solução hidropônica. Plantas com sistema radicular principal parcialmente removido, nas quais foram mantidas 6 ou 3 raízes adventícias..... 85
- Figura 37 - Peso seco de plantas, após 23 dias de crescimento em solução hidropônica. Plantas com sistema radicular principal parcialmente removido, nas quais foram mantidas 6 ou 3 raízes adventícias..... 86
- Figura 38 - Número de folhas e gemas laterais iniciadas, folhas emergidas e perfilhos, após 23 dias de crescimento em solução hidropônica. Plantas com sistema radicular principal parcialmente removido, nas quais foram mantidas 6 ou 3 raízes adventícias..... 87
- Figura 39 - Altura das plantas, durante o período de crescimento e do eixo, após 35 dias de crescimento, de plantas tratadas ou não com 6BA $10^{-5}M$ ou $10^{-4}M$ 90
- Figura 40 - Peso seco da parte aérea e raiz, após 35 dias de crescimento, de plantas tratadas ou não com 6BA $10^{-5}M$ ou $10^{-4}M$ 91

- Figura 41 - Número de folhas e gemas iniciadas, folhas e emergidas e perfilhos, após 35 dias de crescimento, de plantas tratadas ou não com 6BA 10^{-5} M ou 10^{-4} M..... 92
- Figura 42 - Número de folhas emergidas e número de perfilhos, durante 35 dias de crescimento, de plantas tratadas ou não com 6BA 10^{-5} M ou 10^{-4} M... 93
- Figura 43 - Altura das plantas, durante 35 dias e do eixo, após 35 dias, de plantas tratadas ou não com 6BA 10^{-5} M..... 97
- Figura 44 - Peso seco, após 35 dias de crescimento de plantas tratadas ou não com 6BA 10^{-5} M..... 98
- Figura 45 - Número de folhas e gemas iniciadas, folhas e emergidas e perfilhos, após 35 dias de crescimento, de plantas tratadas ou não com 6BA 10^{-5} M 100
- Figura 46 - Altura da planta (A) e do eixo (B), após 23 dias de crescimento, de plantas tratadas ou não com 6BA 10^{-6} M..... 102
- Figura 47 - Peso seco, após 23 dias de crescimento de plantas tratadas ou não com 6BA 10^{-6} M..... 104
- Figura 48 - Número de folhas e gemas iniciadas, folhas e emergidas e perfilhos, após 23 dias de crescimento, de plantas tratadas ou não com 6BA 10^{-6} M 105
- Figura 49 - Altura das plantas e do eixo, após 17 dias de crescimento, de plantas tratadas ou não com 6BA 10^{-8} e 10^{-7} M..... 108
- Figura 50 - Peso seco de plantas, após 17 dias de crescimento, de plantas tratadas ou não com 6BA 10^{-8} M e 10^{-7} M..... 109

Figura 51 - Número de folhas e gemas iniciadas, folhas e emergidas e perfilhos, após 17 dias de cresci- mento, de plantas tratadas ou não com 6BA 10^{-8} M e 10^{-7} M.....	110
Figura 52 - Altura da planta, durante 35 dias, e do eixo, após 35 dias de crescimento, de plantas trata- das ou não com GA ₃ 10^{-5} M ou 10^{-4} M.....	113
Figura 53 - Peso seco, após 35 dias de crescimento, de plantas tratadas ou não com GA ₃ 10^{-5} M ou 10^{-4} M	114
Figura 54 - Número de folhas e gemas iniciadas, folhas e emergidas e perfilhos, após 35 dias de cresci- mento, de plantas tratadas ou não com GA ₃ 10^{-5} M ou 10^{-4} M.....	115
Figura 55 - Número de folhas emergidas e perfilhos, duran- te 35 dias, de plantas tratadas ou não com GA ₃ 10^{-5} M ou 10^{-4} M.....	116
Figura 56 - Altura das plantas, durante 23 dias de cresci- mento e do eixo, após 35 dias de crescimento, de plantas tratadas ou não com GA ₃ 10µg.....	120
Figura 57 - Peso seco, após 23 dias de crescimento, de plantas tratadas ou não com GA ₃ 10µg.....	121
Figura 58 - Número de folhas e gemas axilares iniciadas, folhas emergidas e perfilhos, após 23 dias de crescimento, de plantas tratadas ou não com GA ₃ 10µg.....	123
Figura 59 - Altura da planta, durante 23 dias e do eixo, após 23 dias, de plantas tratadas ou não com CCC 1000µg/ml ou 2000µg/ml.....	126

- Figura 60 - Peso seco, após 23 dias de crescimento, de plantas tratadas ou não com CCC 1000 μ g/ml ou 2000 μ g/ml..... 127
- Figura 61 - Número de folhas e gemas axilares iniciadas, folhas emergidas e perfilhos, após 23 dias de crescimento, de plantas tratadas ou não com CCC 1000 μ g/ml ou 2000 μ g/ml..... 129

I - INTRODUÇÃO

1. DOMINÂNCIA APICAL

Dominância apical é geralmente definida como a inibição do crescimento de gemas laterais exercida pela presença de uma gema apical; este fenômeno é observado em praticamente todo o reino vegetal (Sachs e Thimann, 1967; Phillips, 1969).

A dominância apical pode se manifestar de diferentes maneiras: através de uma total ou parcial inibição de gemas ou ramos laterais pela presença de uma gema dominante e também pelo efeito da região apical sobre a orientação e desenvolvimento de órgãos laterais como folhas, rizomas e estolões (Phillips, 1969).

Os estudos sobre dominância apical indicam que este fenômeno pode ocorrer em maior ou menor grau em uma planta, dependendo de suas características genéticas, idade fisiológica e dos fatores ambientais aos quais ela está sujeita.

1.1 - hipótese nutricional

É sabido que as condições de nutrição de uma planta tem grande influência sobre o desenvolvimento de gemas laterais e sobre seu padrão de ramificação (Guern e Usciati, 1972).

A hipótese nutricional admite que o meristema da gema apical comanda o suprimento de nutrientes, constituindo uma região de consumo para onde as substâncias nutritivas preferencialmente se movem, prejudicando o desenvolvimento das gemas laterais. Assim, a competição por nutrientes entre o meristema da gema apical e laterais pode ser um dos fatores que determina

na a dominância apical (Phillips, 1969). Evidências para esta hipótese são dadas por Fletcher e Dale (1974) e Metiver (1979) que mostram que um atraso no fornecimento de nutrientes para a planta implica em um atraso no crescimento das gemas laterais.

1.2 - hipótese hormonal

Thimann e Skoog (1933) admitiram que as auxinas, provavelmente o ácido indolil - 3, acético, são capazes de substituir a gema apical na manutenção da dominância apical e que, as auxinas produzidas na gema apical são responsáveis pela inibição correlativa. Esses autores (*in* Phillips, 1969) sugerem ainda que as auxinas produzidas apicalmente alcançam as gemas laterais e, de algum modo, impede sua própria produção de auxinas. Posteriormente Thimann (1937) demonstrou que as auxinas aplicadas diretamente na gema lateral impede seu desenvolvimento.

Snow (*in* Phillips, 1969) sugere que as auxinas agem indiretamente no fenômeno da dominância apical, talvez por estimularem a produção de um inibidor secundário que pode ser translocado na planta e que quando presente nas gemas axilares inibe seu desenvolvimento.

1.3 - o papel de giberelinas e citocininas

Vários autores citam que as giberelinas têm importante papel no fenômeno da dominância apical; os dados mostram que sua ação pode favorecer ou reduzir a dominância apical.

O ácido giberélico pode promover o alongamento das gemas laterais quando elas já foram liberadas da inibição correlativa (Wickson e Thimann, 1958). Assim, em plantas decapitadas de *Phaseolus multîflorus*, aplicações deste regulador resultaram em um aumento no crescimento das gemas laterais (Phillips, 1971).

Observações de que giberelinas são sintetizadas api

calmente e podem mover-se para regiões inferiores do caule (Jones e Phillips, 1967), sugerem um papel deste grupo de substâncias de crescimento na manutenção da dominância apical (Jacobs e Case, 1965; Scott *et al.*, 1967). Em plantas intactas de *Sequoia sempervirens*, aplicação de ácido giberélico aumentou a dominância apical (Pharis *et al.*, 1972).

Inúmeros dados apontam as citocininas como sendo substâncias de crescimento essenciais para o crescimento das gemas laterais, tendo portanto, um importante papel no fenômeno da dominância apical.

Evidências de que as citocininas podem agir na dominância apical, promovendo o crescimento das gemas laterais e neutralizando a inibição exercida por um ápice intacto são dadas por Wickson e Thimann (1960) e Sachs e Thimann (1964) em plantas do *Pisum sativum*, e por Catalano e Hill (1969) em plantas de *Lycopersicum esculentum*.

Rocha (1978) mostra o importante papel das citocininas promovendo o desenvolvimento das gemas laterais em plantas de cevada.

Como as citocininas necessárias para o crescimento de gemas laterais podem ser provenientes de outra parte da planta que não a própria gema (Woolley e Wareing 1972) elas podem ser consideradas como um sinal correlativo para o crescimento das gemas laterais.

1.4 - interação de diferentes fatores

As auxinas têm sido muitas vezes consideradas como o fator primário no fenômeno da dominância apical e uma série de evidências existem demonstrando a importância de giberelinas e citocininas; mas estes não são os únicos fatores envolvidos. A dominância apical é na verdade um fenômeno controlado por uma interação de fatores endógenos da planta com fatores ambientais. O padrão de crescimento das gemas laterais varia en

tre as espécies e, dentro de uma mesma espécie, dependendo das condições ambientais (Phillips, 1975).

Evidências de que o fenômeno da dominância apical depende de uma interação entre auxinas e citocininas na planta são dadas por Wickson e Thimann (1958) e Sachs e Thimann (1964; 1967).

Wickson e Thimann (1960) demonstraram que a quantidade de auxina presente em um determinado tecido pode ser diminuída por aplicação de citocininas, sendo que este tratamento favorece o crescimento de gemas laterais.

Uma gema lateral liberada da dominância apical por aplicações de citocinina pode tornar-se dependente da nutrição mineral e de outros fatores (Sachs e Thimann, 1964), ou o seu alongamento normal pode depender de aplicações locais de auxina (Sachs e Thimann, 1967).

Gemas laterais liberadas da dominância apical por aplicações de citocinina ou fornecimento de nutrientes podem aumentar sua matéria seca mediante aplicações de auxina e giberelina (Sharif e Dale, 1980b).

Wooley e Wareing (1972) verificaram que em plantas de *Solanum andigena* aplicações de auxina e giberelina afetam a distribuição e o metabolismo de citocinina.

Catalano e Hill (1969) observaram que quando giberelina é aplicada juntamente com citocinina ocorre o crescimento de ramo lateral em plantas que foram tratadas com auxina, sugerindo, estes autores, que a giberelina promove o crescimento da gema lateral após a citocinina ter quebrado a dominância apical.

A auxina pode ser mais efetiva em manter a dominância apical quando aplicada juntamente com giberelina, sendo o efeito ainda maior quando a nutrição é limitante (Scott *et al.*,

1967).

Giberelina pode exercer efeito antagônico ao da auxina quando aplicada à superfície de um entrenô totalmente alongado, mas pode também realçar o efeito inibidor da auxina quando aplicada a um entrenô em crescimento (Phillips, 1971).

O mecanismo fisiológico e bioquímico pelo qual as giberelinas exercem seu efeito na dominância apical é ainda obscuro, sendo uma das possibilidades a de que elas aumentem o transporte de auxina (Jacobs e Case, 1965).

Além da interação das substâncias de crescimento entre si, uma série de investigações fornece evidências sobre a interação existente entre hormônios e nutrientes.

As auxinas podem, por exemplo, regular o transporte de nutrientes controlando a distribuição destes em direção ao local onde sua concentração é maior (o ápice em desenvolvimento) ou, então, controlando o movimento de nutrientes através de seu movimento polar (Guern e Usciati, 1972).

Variações nas condições dos nutrientes minerais podem afetar os níveis de substâncias de crescimento endógenas que, por sua vez, podem alterar o padrão de respostas de crescimento à nutrição mineral. Thimann *et al.*, (1971) indicam que nutrientes inorgânicos tais como fósforo e nitrogênio podem controlar a sensibilidade de gemas laterais à inibição causada pela auxina em plantas intactas de *Coleus blumei*. Este estudo mostrou que a auxina fornecida à planta substitue as partes em crescimento do caule no sentido de inibir o crescimento da gema, mas esta inibição é somente encontrada em plantas que estão crescendo com pouco vigor. A idéia dos autores é que o suprimento de nitrogênio e fósforo também controla a formação de citocininas, Wagner e Michael (1971) mostram que interrupções no suprimento de nitrogênio de 1 a 7 dias resultou em diminuição no conteúdo de citocininas de exudado de raiz em plantas de girassol. Dados de Rocha (1978) sugerem que plantas de

cevada supridas com nutrientes minerais apresentam citocininas, as quais estão ausentes em plantas não supridas com nutrientes. Salama e Wareing (1979) encontraram baixos níveis de citocininas em folhas, gemas e exudatos de raiz de plantas de *Helianthus annuus* crescendo em baixos níveis de nitrogênio e fósforo. Ainda com respeito à interação entre nutrientes e hormônios, Goldbach *et al.*, (1975) mostraram que deficiência em nitrogênio aumentou consideravelmente o conteúdo de ácido abscísico nas folhas, especialmente nas mais velhas, em plantas de *Helianthus annuus*.

Estresse de água é outro fator indicado como efetivo no desenvolvimento de gemas laterais, provavelmente, por afetar fatores hormonais endógenos das plantas, tais como citocininas e ácido abscísico. Itai e Vaadia (1965) mostraram que estresse de água aplicado à raiz diminui os níveis de substâncias com atividade citocinínica em exudato de plantas de girassol. Estes autores (1971) verificaram o mesmo efeito do estresse de água quando aplicado ao caule de plantas de *Nicotiana rustica*, sugerindo, por estes resultados, que possa ter havido inativação da citocinina, devido à transformação da molécula. Mizrahi *et al.*, (*in* Hsiao 1973) contradizem Itai e Vaadia (1971) mostrando que a mesma espécie de *Nicotiana* quando sujeita a murcha por baixa umidade ou alta salinidade não diminui a atividade citocinínica. Plantas de girassol (*Helianthus annuus* L.) mostraram redução no conteúdo de citocininas da raiz quando cresceram em solo alagado (Burrows e Carr, 1969).

Para plantas de *Phaseolus vulgaris* cujas raízes foram submetidas a tratamento de calor (46 a 47°C), o exudato do xilema mostrou redução nos níveis de citocininas e aumento nos níveis de ácido abscísico (Itai *et al.*, 1973).

Pode-se esperar que não só nutrição mineral, estresse de água e temperatura como também quaisquer outras alterações no ambiente da raiz modifiquem a síntese de hormônios, alterando a exportação via xilema para o caule e, conseqüentemente, provocando alterações na parte aérea.

2. DESENVOLVIMENTO DE GEMAS LATERAIS EM GRAMINEAE

Após a germinação, as gramíneas emergem como plantas que apresentam um eixo principal que permanece extremamente curto durante sua fase vegetativa de crescimento. Neste eixo, primórdios foliares originam-se de maneira oposta (Langer, 1963), ficando o ápice envolvido por folhas em desenvolvimento e bainhas foliares de folhas emergidas (Jewiss, 1972).

Divisões celulares na região sub-hipodérmica do ápice resultam na iniciação de gemas laterais, chamadas gemas de perfilho, que se encontram presentes na axila das folhas (Jewiss, 1972).

Para cevada, Fletcher e Dale (1974) mostraram que a gema do coleoptile já está presente no grão e que a gema da primeira folha pode ser observada 24h após o plantio. A conexão vascular é estabelecida com a folha superior e não com a folha em cuja axila a gema se desenvolve.

Uma gema de perfilho apresenta, basicamente, duas fases de crescimento, sendo que na primeira fase a gema e a bainha foliar correspondente estão nutricionalmente ligadas, e na segunda, o crescimento da gema depende do suprimento de nutrientes proveniente da folha superior devido à conexão vascular estabelecida entre estes dois órgãos (Fletcher e Dale, 1974).

Estas gemas iniciadas na axila das folhas desenvolvem-se, sob certas condições, em ramos laterais ou perfilhos, que, crescendo, tornam-se semelhantes ao ramo de origem (Langer, 1963; Fletcher e Dale, 1974).

Na axila das folhas dos perfilhos também se formam gemas que, por sua vez, também podem crescer e originar outros perfilhos e este processo pode ser repetido várias vezes. Aqueles perfilhos originados do eixo principal são usualmente referidos como primários. Os perfilhos emergidos destes são referidos como secundários e assim sucessivamente (Langer, 1963).

2.1 - fatores que controlam o perfilhamento em Gramíneas

Comparativamente com dicotiledôneas, pouco se tem pesquisado sobre os mecanismos fisiológicos que controlam o desenvolvimento de gemas laterais em gramíneas.

As dificuldades para este estudo são encontradas inicialmente, pela impossibilidade de se manipular o ápice que se torna visível somente após a emergência de inflorescência, e as gemas laterais que são escondidas pela bainha foliar (Johnston e Jeffcoat, 1977) e posteriormente, porque os perfilhos formam raízes adventícias que os tornam, pelo menos em parte, independentes da conexão vascular estabelecida com o restante da planta (Aspinal, 1961).

Provavelmente em gramíneas o controle de desenvolvimento das gemas laterais também se faz por uma interação de fatores hormonais e ambientais como nas dicotiledôneas.

Estudos iniciais sobre a liberação de gemas laterais em gramíneas (Leopold, 1949) mostram que a auxina de fato inibe o desenvolvimento de gemas laterais como foi proposto por Sachs e Thimann (1933; 1934) para dicotiledôneas. Leopold (1949) verificou que a adição de ácido naftaleno-acético reduziu, enquanto 2, 3, 5-triidobenzóico aumentou o perfilhamento em plantas de cevada mostrando ainda que condições fotorítmicas que aumentaram a produção de auxinas em *Coleus* reduziram o perfilhamento em cevada.

Mais recentemente, Johnston e Jeffcoat (1977) trabalhando com aveia, trigo e cevada e Harrison e Kaufman (1980) trabalhando com aveia mostraram que auxina exógena geralmente inibe o desenvolvimento de gemas de perfilho e Langer *et al.*, (1973) mostraram que a auxina inibe as gemas laterais em trigo, mas somente em estádios iniciais de desenvolvimento.

O efeito exercido por outras classes de hormônios so

bre o desenvolvimento de gemas laterais em gramíneas é também citado por vários pesquisadores.

O efeito promotor de citocinina no desenvolvimento dos perfilhos é apontado por Langer *et al.*, (1973) que observaram este efeito em *Triticum aestivum*. Estes autores mostraram que defoliação provocou grande redução no alongamento das gemas, mas este efeito foi balanceado por tratamento com cinetina. Clifford e Langer (1975) mostraram que, em plantas de *Lolium multiflorum*, aplicação exógena de 6-benzilaminopurina promoveu tanto crescimento das gemas como acúmulo de assimilados nestas. Em trigo e aveia, Johnston e Jeffcoat (1977) mostraram um grande efeito promotor de citocinina sobre a extensão das gemas de perfilho. Sharif e Dale (1979, 1980b) mostraram que citocininas agem promovendo o crescimento das gemas laterais em cevada e Harrisson e Kaufman (1980) mostram este efeito promotor de citocinina em aveia.

Para giberelinas, Clifford e Langer (1975) observaram efeito promotor no crescimento dos perfilhos em plantas reprodutivas de *Lolium multiflorum*. Johnston e Jeffcoat (1977) observaram que, embora giberelinas tenham aumentado o comprimento de gemas laterais em aveia, trigo e cevada, houve tendência de redução no número de gemas. Jewiss (1972) mostrou o efeito de ácido giberélico (GA_3) e cloreto de 2-cloroetiltrimetil amônio (CCC) em plantas de *Lolium temulentum*, enquanto o CCC diminuiu o comprimento do eixo e aumentou o perfilhamento, o GA_3 teve efeito contrário, aumentando o comprimento de eixo e inibindo o perfilhamento. Ainda nesta planta, quando havia grande redução no perfilhamento devido a um período indutivo de floração de dias longos, aplicações de CCC através das raízes restaurava o perfilhamento.

A nutrição mineral, especialmente o suprimento de nitrogênio é, dentre os fatores ambientais, um dos que tem recebido maior atenção pelo seu efeito sobre o desenvolvimento dos perfilhos.

Estudos iniciais (Gregory, 1937) sobre a nutrição mineral em gramínea (cevada) mostraram que deficiência de nutrientes inorgânicos reduz o número de perfilhos e esta redução ocorre quando a deficiência de nitrogênio é maior que a de fósforo e esta maior que a de potássio. Este estudo mostrou ainda que redução no nível de potássio com altos níveis de nitrogênio e fósforo aumentaram o número de perfilhos. Aspinal (1961) demonstrou a importância deste fator com a diminuição no suprimento de nutrientes o que provocou uma restrição na emergência de perfilhos em plantas de cevada. Fletcher e Dale (1974), também em cevada, encontraram que o atraso na aplicação de minerais, nitrogenados ou não, atrasa a fase de rápido crescimento das gemas de perfilho. Metivier (1979) examinou o efeito de nitrogênio em cultivares de cevada que apresentam no grão baixo conteúdo de nitrogênio e mostrou que o atraso no fornecimento deste nutriente retarda consideravelmente a emergência de perfilhos.

Informações sobre o efeito de outros fatores ambientais sobre o perfilhamento são também citados.

O efeito da temperatura parece variar com as espécies. Para espécies temperadas, a temperatura que favorece o perfilhamento parece ser relativamente baixa, mas em espécies subtropicais ocorre pouca diminuição de perfilhamento em temperaturas elevadas (Langer, 1974). Mitchel (1953) mostra que a inibição de gemas laterais em plantas de *Lolium* tende a ser induzida por altas temperaturas. Ivory e Whiteman (1978) estudaram o efeito da temperatura em cinco gramíneas subtropicais e mostraram que a temperatura afetou o número e crescimento dos perfilhos de diferentes maneiras para as diferentes espécies. Em plantas de cevada, Cannell (1969) mostra que alta temperatura diminui o desenvolvimento da gema de perfilho do coleoptile. Pinthus e Meiri (1979) mostraram o efeito de temperaturas alternadas diurnas e noturnas no desenvolvimento de perfilhos em *Triticum aestivum*, o perfilhamento foi promovido por regimes de baixa temperatura diurna e alta temperatura noturna.

O efeito da intensidade luminosa é mostrado por Mitchel (1953) em plantas de *Lolium*. Este autor verificou que o número de perfilhos é maior com intensidade luminosa mais alta. Aspinal e Paleg (1964) mostraram uma redução no número de perfilhos de plantas de cevada com redução da intensidade luminosa. O sombreamento da primeira folha de plantas de cevada e trigo atrasou o perfilhamento e reduziu o número de perfilhos (Dale et al., 1972). Este efeito foi também observado por Fletcher e Dale (1974) para plantas de cevada. Outros fatores ambientais estão também envolvidos no perfilhamento. Aspinal e Paleg (1964) mostraram que fatoperíodo curto reduziu o perfilhamento em cevada, mas esta redução no perfilhamento foi causada não pela redução do período luminoso, mas sim pela redução da intensidade luminosa. Fairey et al., (1975) observaram que o comprimento do dia não afetou a iniciação dos perfilhos de plantas de cevada.

É possível que muitos dos efeitos ambientais no perfilhamento sejam exercidos através de variações nos conteúdos hormonais das gramíneas, a exemplo do efeito do suprimento de nitrogênio modulando os níveis de citocininas em cevada, como sugerido por Rocha (1978).

2.2 - importância do perfilhamento em gramínea

As gramíneas são plantas extremamente adaptadas para pastagem e produção de silagem, são, economicamente, mais vantajosas que a maioria das espécies de dicotiledôneas. O que lhes confere estas vantagens é a maneira pela qual estas plantas produzem suas folhas e perfilhos.

O meristema apical é o centro de crescimento primário, onde os primórdios foliares se arranjam alternadamente. Cada primórdio foliar forma uma capa que cresce e envolve o ápice, ficando então, este ápice, cercado por folhas em desenvolvimento e bainhas foliares de folhas emergidas. À medida que as folhas crescem, ocorre divisão celular nas camadas sub-hipodér

micas do tecido meristemático, originando as gemas laterais que ficam protegidas pela axila de cada folha. Estas gemas se desenvolvem e, posteriormente, formam perfilhos.

O perfilhamento é de extrema importância para regeneração das pastagens pois, mesmo que o meristema apical seja danificado pelos animais, as gemas laterais, presentes nas axilas das folhas, se desenvolvem em perfilhos garantindo a continuidade do crescimento. Ainda, a produção de perfilhos aumenta a área foliar total que pode contribuir para maior interceptação da luz (Jewiss, 1972) aumentando o material vegetal para produção de silagem. A produção de perfilhos pode às vezes, contribuir ainda para maior produção de grãos.

Entre as gramíneas, o sorgo é uma cultura que oferece ampla utilização na alimentação animal, podendo ser utilizado para rações, forragem e silagem. O sorgo vem sendo utilizado também para produção de álcool.

Existe uma correlação positiva, em plantas de sorgo, entre o número de perfilhos e a produção de grãos; assim, condições favoráveis para produção de perfilhos também favorecem a produção de grãos (Beil e Atkins, 1965). Desde que em sorgo o padrão de perfilhamento afeta a produção comercial, o estudo dos fatores que controlam ou modificam esta característica é de grande interesse.

As variedades de sorgo exibem ampla variabilidade genética com respeito às suas características de altura, florescimento e perfilhamento (Morgan *et al.*, 1977). O perfilhamento em sorgo é uma característica herdada (Beil e Atkins, 1965) controlada por um único par de genes recessivos (Webster, 1965).

O sorgo é uma gramínea na qual a dominância apical é fraca. Seu padrão de perfilhamento é caracterizado por uma baixa produção de perfilhos durante a fase vegetativa e uma maior produção após o florescimento (Isbell e Morgan, 1982). Para Isbell e Morgan (1982) o fenômeno da dominância apical em sor

go foi bem evidenciado, principalmente com a demonstração de que decapitação das plantas na região apical permitiu um rápido crescimento das gemas laterais liberando-as da inibição correlativa.

Foi mostrado que em *Sorghum bicolor* existe uma interação entre substâncias de crescimento no controle do perfilhamento. Durante a fase de crescimento vegetativo de *Sorghum bicolor* a aplicação exógena de giberelina inibe o perfilhamento, sendo este, aumentado rapidamente com supressão na aplicação do regulador (Morgan *et al.*, 1977 e Isbell e Morgan, 1982). Já após a ântese, o efeito de giberelina é promotor (Isbell e Morgan, 1982). O efeito de auxina intensificando a dominância apical em *S. bicolor* foi mostrado por Isbell e Morgan (1982) de duas maneiras: pela aplicação de uma auxina sintética e de um inibidor do transporte deste regulador. Estes autores mostraram ainda que citocinina provoca liberação de gemas laterais tão bem quanto a decapitação da planta.

O objetivo deste estudo foi obter informações adicionais para entendimento do problema da dominância apical em graminea, usando para isto uma espécie de sorgo (*Sorghum vulgare*) na qual este fenômeno é exercido de maneira bastante suave.

O padrão de perfilhamento será analisado em plantas submetidas a variações nas condições ambientais e a tratamentos com reguladores de crescimento, e os resultados interpretados em função de reguladores endógenos que possivelmente controlam a dominância apical em sorgo.

II - MATERIAL E MÉTODOS

1. MATERIAL

Foram utilizados grãos de sorgo forrageiro (*Sorghum vulgare* Pers.) cultivar Santa Eliza, procedentes do Instituto Agronômico de Campinas, colhidos no ano de 1980.

2. CONDIÇÕES DE CULTIVO EM VASO

Os grãos foram plantados em vasos plásticos (1.800 , 3.000 ou 6.000 ml) contendo vermiculita bem lavada ou solo adubado previamente hidratados. O plantio dos grãos foi feito a uma profundidade de cerca de 2,0 cm, com a região do embrião voltada para o fundo do vaso. Em alguns experimentos os grãos foram deixados embeber por duas horas antes do plantio. Foram semeados três grãos por vaso, sendo feita, no dia do tratamento, uma seleção para manutenção de apenas uma plântula por vaso. Durante o período de crescimento as plantas foram mantidas em casa de vegetação sem controle de temperatura ou umidade.

Nos experimentos em que houve ataque de lagarta, as plantas foram nebulizadas uma vez com malathion (2ml/l).

3. CONDIÇÕES DE CULTIVO EM SOLUÇÃO HIDROPÔNICA

Os grãos foram deixados embeber por duas horas e então plantados em bandejas contendo vermiculita previamente lavada. O plantio foi feito a uma profundidade de mais ou menos 4,0cm com a região do embrião voltada para o fundo da bandeja. As bandejas eram mantidas em casa de vegetação.

Após a germinação dos grãos, quando as plântulas apresentavam duas folhas emergidas, sendo a segunda folha, em média, 1,5cm maior que a primeira e as raízes maiores que 3,0cm, elas foram removidas cuidadosamente das bandejas. A seguir, a vermiculita que envolvia as raízes foi removida sob água, tomando-se todo cuidado para que nenhuma raiz fosse danificada.

As plântulas foram então transferidas para caixas do tipo gerbox contendo água destilada onde o sistema radicular ficava imerso.

A seleção das plântulas a serem utilizadas para montagem de experimento foi feita tomando-se o cuidado de se observar o comprimento da segunda folha e do sistema radicular. Observava-se ainda o número de raízes laterais.

Considerou-se como raiz principal aquela originada do embrião que, segundo Langer (1972) denomina-se raiz seminal e como raízes laterais aquelas originadas da raiz principal. Como raízes adventícias consideraram todas aquelas originadas de outras regiões que não a raiz principal.

Os recipientes contendo solução nutritiva utilizada para crescimento das plantas eram vasos plásticos com capacidade de 3000ml. Estes, tinham em suas tampas quatro aberturas com mais ou menos 2,0cm de diâmetro cada uma. Destas aberturas, uma delas era utilizada para entrada de um tubo de aeração contendo um filtro na extremidade que borbulhava ar na solução nutritiva. A aeração era constante durante os experimentos. As outras três aberturas foram recobertas com papel alumínio perfurado no centro. Na borda da tampa foram presas tiras de uma tela de nylon de malha fina ($2,0\text{mm}^2$) que se sobrepunham aos papéis alumínio.

Após a seleção, as plantas foram cuidadosamente transferidas para estes vasos (3 plantas por vaso). A colocação das plantas foi feita passando seu sistema radicular através da

malha (abrindo-a com uma pinça) e do furo feito no papel alumínio. Feito isto, voltava-se a malha à sua área inicial, também com auxílio de pinça. Desta maneira, as plantas se mantinham firmes e em posição ereta, com a região do primeiro nó na superfície do papel alumínio e o sistema radicular imerso na solução.

Para evitar estrangulamento, à medida em que as plantas apresentavam crescimento lateral, retiravam-se fios da tela aumentando a área da malha. As plantas foram mantidas desta maneira até o final do experimento.

4. APLICAÇÃO DE SOLUÇÃO NUTRITIVA

A solução nutritiva utilizada foi a solução original de Hoagland e Arnon (1938) com modificações (*Tabela 1*), sendo fornecida sempre que o cultivo foi realizado utilizando-se vermiculita.

Aplicaram-se 200ml por vaso duas vezes por semana, ou variando-se esta frequência para uma vez por semana conforme o experimento. O início das aplicações também variou conforme o experimento.

Para se preparar cada solução estoque, as substâncias foram pesadas e dissolvidas em água destilada com agitação. Após a dissolução o volume foi completado e estocado em frasco escuro.

4.1 - solução nutritiva completa

Utilizaram-se 5ml/l de cada solução estoque (*Tabela 1*) para concentração normal (100%) e volumes menores, de acordo com a diluição, quando se desejava concentrações menores.

4.2 - soluções nutritivas alteradas

Quando se desejou verificar o efeito da ausência de

Tabela 1 - COMPOSIÇÃO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA PADRÃO MODIFICADA DE HOAGLAND E ARNON (1938).

Soluções Estoques	Quantidade (g) utilizada para se preparar 1 litro de cada estoque.
Macronutrientes - Solução 1 - KH_2PO_4	27,218
- Solução 2 - KNO_3	101,110
- Solução 3 - $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	236,100
- Solução 4 - $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	98,600
Solução de Ferro - Solução 5 - Ácido tartárico	0,100
Fe SO_4	0,100
Micronutrientes - Solução 6 - H_3BO_3	0,572
- $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	0,362
- $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0,044
- $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0,016
- H_2MoO_4	0,018

nitrogênio, os sais KNO_3 e $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ foram substituídos conforme *Tabela 2*, utilizando-se 5ml/1 de cada estoque. As plantas (9 por tratamento) cresceram em vasos (1.800 ml) contendo vermiculita.

Para se verificar o efeito de altas concentrações de nitrogênio e fósforo, utilizaram-se 10ml/1 do estoque de KH_2PO_4 e 30ml/1 do estoque de KNO_3 da *Tabela 1*. As plantas (9 por tratamento) cresceram em vasos (3.000 ml) contendo vermiculita.

4.3 - solução nutritiva usada para cultivo em hidropônica

O cultivo das plantas em meio líquido foi feito utilizando-se 3000ml por vaso de solução nutritiva completa e normal (100%) preparados com 5ml/1 de cada estoque da *Tabela 1* em água destilada. Neste caso a solução de ferro foi substituída pela indicada na *Tabela 3* utilizando-se 1ml/1 deste estoque.

Para se preparar a solução de ferro (*Tabela 3*), dissolveu-se o EDTA Na_2 com NaOH em água destilada. Após a dissolução acrescentou-se $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ e completou-se o volume para 1,0 litro com água destilada.

A solução nutritiva foi completada com água destilada sempre que necessário.

5. CONDIÇÕES DE IRRIGAÇÃO

A irrigação foi uniforme para todos os experimentos e foi feita com 200 ml/vaso de água de torneira sempre que necessário, geralmente uma vez por dia. Este regime de irrigação considerado como controle, variou somente nos experimentos em que a disponibilidade de água no solo foi modificada.

5.1 - condições de redução na disponibilidade de água

Tabela 2 - COMPOSIÇÃO DOS NUTRIENTES UTILIZADOS PARA SUBSTITUIR O NITROGÊNIO NA SOLUÇÃO PADRÃO.

Soluções Estoques	Quantidade (g) utilizada para preparar 1 litro de cada estoque.
Macronutrientes - Solução 7 - K Cl	74,550
Solução 8 - Ca Cl ₂	110,940

Tabela 3 - COMPOSIÇÃO DA SOLUÇÃO DE FERRO UTILIZADA PARA CULTIVO EM HIDROPÔNICA.

Soluções Estoques	Quantidade (g) utilizada para preparar 1 litro do estoque
Solução de Ferro - Solução 9 - EDTA Na ₂	33,200
- Na OH	3,650
- Fe SO ₄ . 7H ₂ O	25,000

O solo foi irrigado com 200ml de água de torneira por vaso de 6000ml, sempre falhando duas irrigações feitas no controle. As plantas (10 por tratamento) cresceram em vasos (6000ml) contendo solo adubado.

5.2 - condições de excesso de água

O solo foi irrigado como no controle porém, os vasos (3000ml) ficavam mergulhados em bandejas contendo água que atingia 1/5 (tratamento chamado de maior disponibilidade de água) ou 4/5 (tratamento chamado de saturação do solo) dos vasos. As plantas (10 por tratamento) cresceram em solo adubado.

6. CONDIÇÕES FOTOPERIÓDICAS

Os experimentos foram em geral conduzidos em condições sujeitas às variações fotoperiódicas naturais.

Nos experimentos em que se desejou observar o efeito do fotoperíodo, as plantas controle cresceram em condições naturais de iluminação. Em um experimento as plantas cresceram de junho a setembro com a duração do período natural de iluminação variando de 10 horas e 48 minutos a 12 horas. Em outro, as plantas cresceram de setembro a outubro e a duração do período de iluminação variou de 12 horas a 12 horas e 36 minutos. Em cada experimento havia um lote de plantas tratadas que cresceu durante os períodos correspondentes sob fotoperíodo de 18 horas, sendo o fotoperíodo natural completado por iluminação artificial fornecido através do uso de lâmpadas incandescentes.

7. TRATAMENTO DE REMOÇÃO DE RAÍZES

Os grãos foram germinados nas mesmas condições dos usados em hidropônica (item 3.). As plantas (9 por tratamento) foram tratadas como descrito junto a cada experimento (Capítulo III item 4) e cultivadas posteriormente em hidropônica.

8. TRATAMENTOS COM REGULADORES DE CRESCIMENTO

Os reguladores de crescimento testados foram 6-benzilaminopurina (6BA), ácido giberélico (GA_3) e cloreto de 2-cloroetiltrimetil amônio (CCC).

8.1 - aplicação através do sistema radicular

Este método de aplicação foi utilizado para se testar o efeito do 6BA e GA_3 .

Os grãos foram germinados nas mesmas condições aos usados em solução hidropônica (item 3). Após serem removidas da vermiculita, o sistema radicular das plantas selecionadas foi imerso na solução do regulador a ser testado. O tratamento foi dado apenas uma vez por experimento, quando as plantas apresentavam duas folhas emergidas. As concentrações dos reguladores utilizados, tempos de tratamento, idade das plantas no dia em que receberam os tratamentos e condições de cultivo após os tratamentos são especificados na Tabela 4. O cultivo das plantas em vermiculita foi feito em vasos de 3000ml.

8.2 - aplicação através das folhas

Este método de tratamento foi utilizado para se testar o efeito do GA_3 em plantas (10 por tratamento) que cresceram em vasos (3000ml) contendo vermiculita.

As aplicações eram feitas colocando-se uma gota de 10 μ l da solução de GA_3 no canudo formado por cada folha emergida a partir da 2^a e até a 5^a folha, num total de 4 aplicações. Em cada aplicação as plantas receberam 10 μ g de GA_3 .

8.3 - aplicação através do substrato de crescimento

Este método de tratamento foi utilizado para se testar o efeito do CCC em plantas (10 por tratamento) que cresceram em vermiculita.

As soluções de CCC 1000 μ g/ml e 2000 μ g/ml foram prepara

Tabela 4 - CONDIÇÕES PARA TRATAMENTO COM REGULADORES DE CRESCIMENTO APLICADOS ATRAVÉS DAS RAÍZES.

Regulador de crescimento utilizado	Concentração (M)	Tempo de tratamento (horas)	Condições de cultivo das plantas após tratamento.	Idade das plantas no dia do tratamento (dias)
6BA	10^{-4}	4	vermiculita	8
	10^{-5}	4; 1/2	vermiculita	8; 7
	10^{-6}	2; 1; 1/2	hidropônica	7
	10^{-7}	1/2	hidropônica	6
	10^{-8}	1/2	hidropônica	6
GA ₃	10^{-4}	1/2	vermiculita	7
	10^{-5}	1/2	vermiculita	7

radas em água destilada. Cada vaso (3000ml) recebeu 200ml de solução com intervalo de 10 dias entre as aplicações. A primeira aplicação foi feita quando as plantas apresentavam uma média de 2 folhas emergidas e a segunda com uma média de 5 folhas emergidas.

9.1 - MEDIDAS DE CRESCIMENTO

9.1 - medidas realizadas na planta intacta

Medidas de altura da planta, contagem do número de folhas emergidas e contagem do número de gemas emergidas foram realizadas em diferentes idades, quando as plantas foram cultivadas em terra ou vermiculita. Quando as plantas foram cultivadas em hidropônica, as medidas acima foram feitas no final do experimento.

A altura da planta foi medida com o auxílio de régua milimetrada, desde a inserção da primeira folha até o ápice da maior folha.

Uma folha foi considerada emergida, quando sua região apical tornava-se visível no canudo formado pela folha anterior.

Para sorgo observaram-se dois padrões de emergência de gema. Um deles, o mais comum, ocorria com o crescimento da gema no interior da bainha foliar correspondente, com sua subsequente emergência acima desta bainha. O outro padrão de emergência ocorria com o rompimento da bainha foliar quando a gema ainda se apresentava pequena. Nos dois casos, a gema foi considerada emergida.

Em alguns experimentos realizaram-se medidas de comprimento e largura mediana de folhas.

9.2 - dissecação e medidas realizadas durante a dissecação

No final do experimento as plantas foram levadas para

laboratório para dissecação e medidas do número de folhas e gemas laterais iniciadas e comprimento das gemas laterais e do eixo principal.

A dissecação e medidas foram feitas sob lupa (Wild M3) em diferentes aumentos (6,4; 16,0 e 40,0 X) com precisão de 23,8 μ m. Removia-se cada folha e após esta remoção fazia-se a medida da gema lateral correspondente, quando esta se encontrava presente.

O número de folhas iniciadas foi contado até o último primórdio foliar visível que revestia o domo apical.

No final da dissecação quando já se haviam removido todas as folhas e gemas presentes no eixo principal, o comprimento deste foi obtido desde a base (inserção da primeira folha) até o ápice do domo.

9.3 - peso seco

O peso seco das diferentes partes da planta foi obtido em balança analítica (Sartorius, sensibilidade 0,1mg) após secagem do material em estufa a 80°C por 48h.

O peso da raiz foi obtido somente nos experimentos onde se utilizou vermiculita ou solução hidropônica para o cultivo das plantas.

10. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram analisados através do método da Análise de Variância, utilizando-se de recursos computacionais segundo programa proposto por Harvey (1972).

Quando os dados eram resultantes da contagem de folhas e de gemas, previamente à análise, usaram-se as transformações \sqrt{x} e $\sqrt{x+0,5}$, respectivamente, mantendo-se a originalidade dos dados na apresentação dos resultados.

As comparações entre médias de tratamentos foram feitas usando a Diferença Mínima Significativa (DMS) a 5% de probabilidade dada pelo procedimento de Tukey de acordo com Steel e Torrie (1960).

Quando a Diferença Mínima Significativa foi calculada com dados transformados (número de folhas, gemas e perfílios) seu valor não consta nas figuras e Tabelas e a comparação entre as médias é dada através de letras.

III - RESULTADOS

1. EFEITO DA NUTRIÇÃO MINERAL

O padrão de desenvolvimento de gemas axilares pode ser afetado pelas condições ambientais às quais as plantas estão sujeitas. Dentre estas condições, a nutrição mineral desempenha um papel de grande importância visto que a maior ou menor disponibilidade de nutrientes pode, além de afetar diretamente o acúmulo de matéria seca, alterar o balanço de hormônios de crescimento endógenos. Assim, alterações no fornecimento de nutrientes minerais são de grande valia quando se deseja compreender o controle do desenvolvimento de gemas laterais.

1.1 - frequência e concentração da solução de Hoagland

Com o objetivo de se verificar qual a melhor concentração da solução de Hoagland para o desenvolvimento de plantas de sorgo crescidas em vermiculita foram testadas três condições de irrigação: a solução de Hoagland na sua concentração normal (100%) aplicada às plantas uma e duas vezes por semana e a solução de Hoagland diluída a 50% aplicada às plantas uma vez por semana.

Os resultados mostram que a altura das plantas irrigadas com Hoagland 100% uma vez e duas vezes por semana (*Figura 1*) não diferiu significativamente durante o experimento e que aplicação de Hoagland 50% resultou em plantas menores. A altura do eixo principal foi significativamente diferente nos três tratamentos (*Figura 1*), sendo o tratamento com Hoagland 50% o que resultou em menores eixos e com Hoagland 100% duas vezes por semana o que mais promoveu o alongamento do eixo.

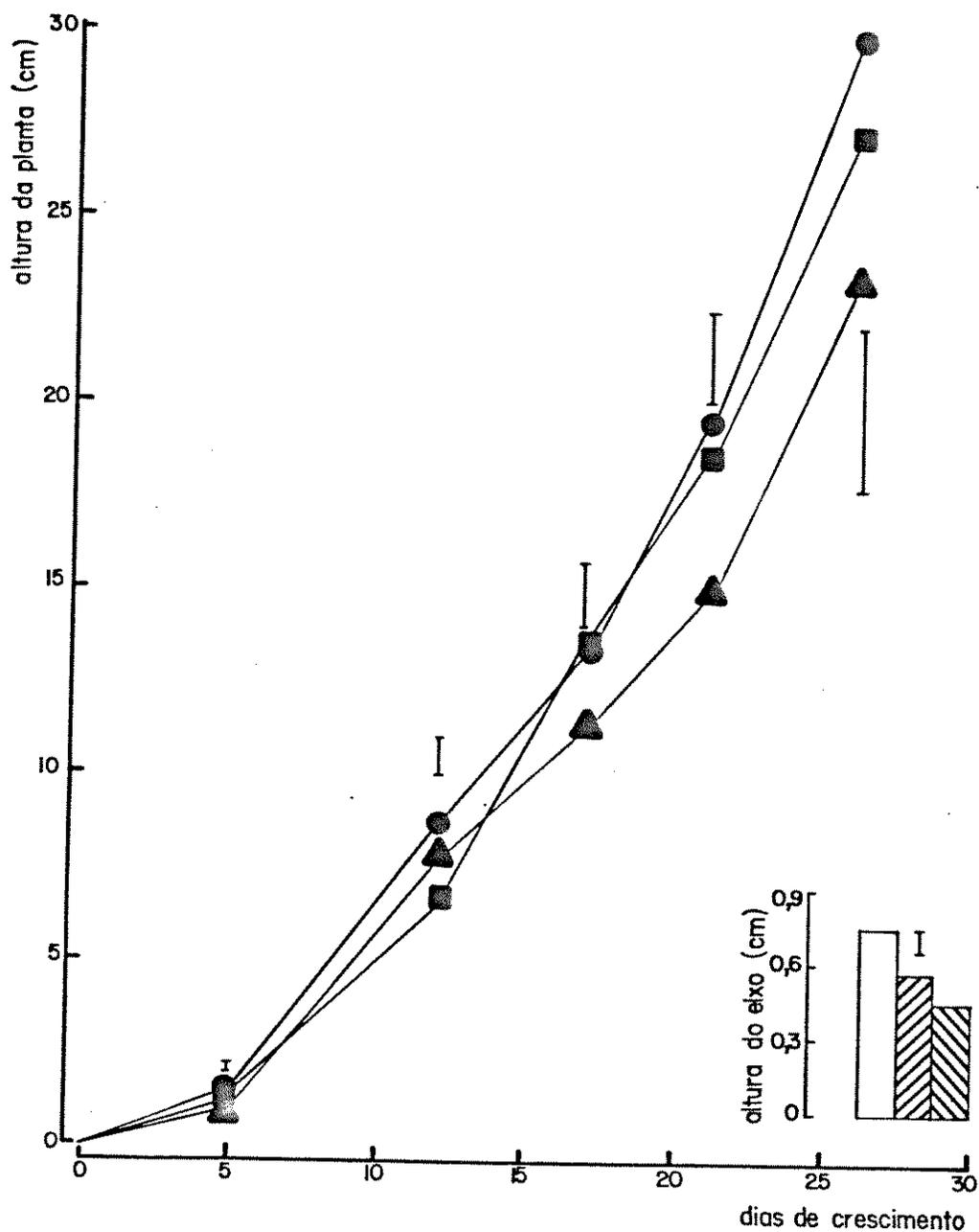


Figura 1- Altura da planta, durante o período de crescimento e do eixo principal, após o término do experimento, de plantas tratadas com Hoagland na sua concentração normal, uma ou duas vezes por semana, e com Hoagland 50 %, uma vez por semana.

-  Hoagland 100% duas vezes por semana
-  Hoagland 100% uma vez por semana
-  Hoagland 50% uma vez por semana
-  Representação de DMS a 5%

Em relação ao peso seco, a *Figura 2* mostra que para os três tratamentos a parte aérea acumulou mais matéria seca do que o sistema radicular. Não houve diferença significativa entre as plantas irrigadas com Hoagland 100% quanto ao peso seco da parte aérea ou do sistema radicular. O tratamento com Hoagland 50% reduziu o peso seco da parte aérea em relação ao das plantas irrigadas com Hoagland 100% duas vezes por semana, não o modificando significativamente em relação ao das plantas irrigadas com Hoagland 100% uma vez por semana. Plantas tratadas com Hoagland 50% mostraram menor acúmulo de matéria seca no sistema radicular em relação aos demais tratamentos.

Até o 21º dia de crescimento o número de folhas emergidas (*Figura 3*) não diferiu significativamente nos três tratamentos. Observa-se que no 26º dia o tratamento com Hoagland 100% duas vezes por semana promoveu a emergência de folhas, que foi de 6,3 folhas emergidas, em relação ao tratamento em que Hoagland foi aplicado a 50% que apresentou 5,8 folhas emergidas. O número de folhas emergidas nas plantas irrigadas com Hoagland 100% uma vez por semana foi igual a 5,9 e não diferiu significativamente dos demais tratamentos (*Figuras 3e4*).

A *Figura 4* mostra o padrão de desenvolvimento de folhas e gemas no 26º dia de crescimento. A iniciação de folhas foi promovida pelo tratamento com Hoagland 100% duas vezes por semana, com 11,2 folhas iniciadas, e inibida pelo tratamento com Hoagland 50% que apresentou 9,3 folhas iniciadas. As plantas tratadas com Hoagland 100% uma vez por semana apresentaram 10,2 folhas iniciadas no 26º dia.

A iniciação de gemas laterais no 26º dia (*Figura 4*), foi promovida pelo tratamento com Hoagland 100% duas vezes por semana. Estas plantas apresentaram 5,3 gemas iniciadas enquanto as plantas irrigadas com Hoagland 100% e 50% uma vez por semana apresentaram 4,1 e 4,2 gemas iniciadas respectivamente, não diferindo entre si.

A emergência de gemas laterais em perfilhos no 26º dia

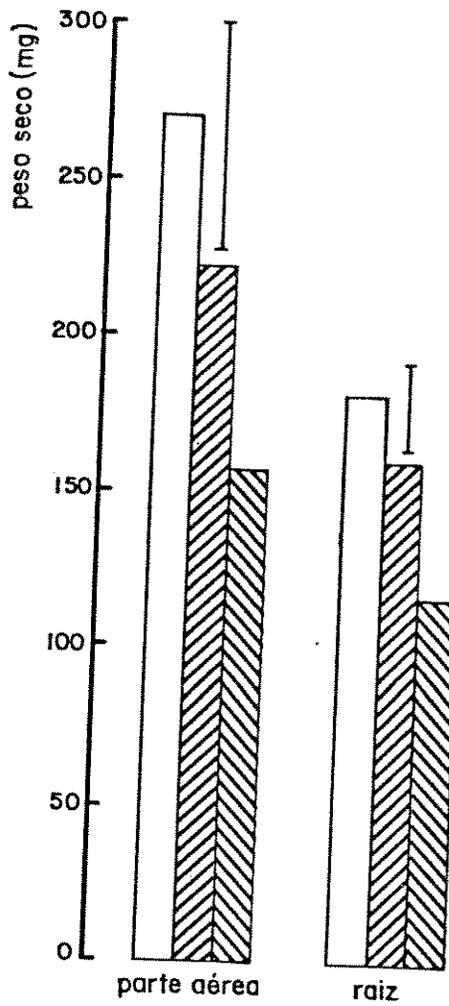


Figura 2 - Peso seco da parte aérea e sistema radicular, após o término do experimento, de plantas tratadas com Hoagland na sua concentração normal uma e duas vezes por semana, e com Hoagland 50%, uma vez por semana.

-  Hoagland 100% duas vezes por semana
-  Hoagland 100% uma vez por semana
-  Hoagland 50% uma vez por semana

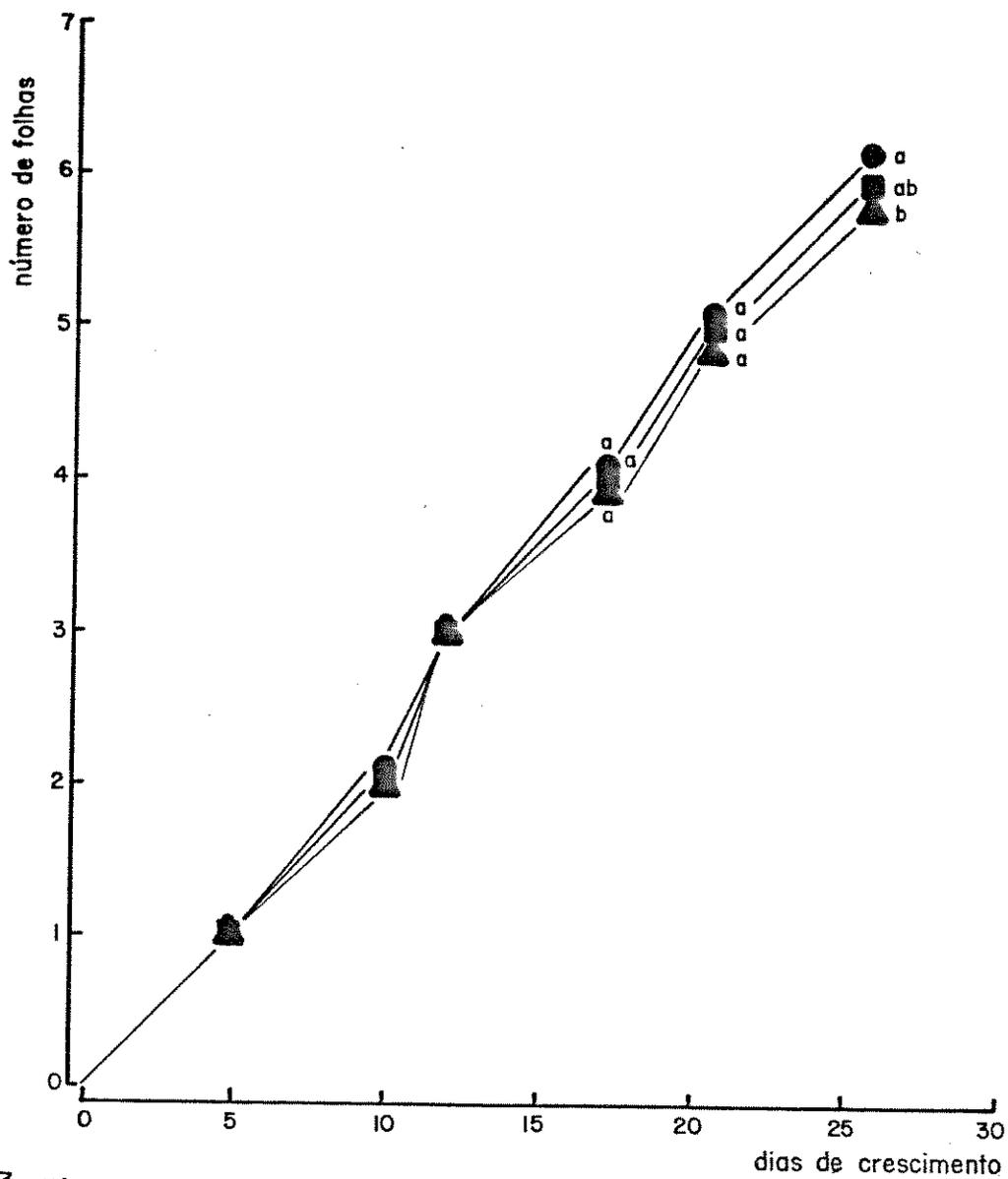


Figura 3 - Número de folhas emergidas, durante o período de crescimento analisado, de plantas tratadas com Hoagland na sua concentração normal uma e duas vezes por semana e com Hoagland 50% uma vez por semana.

- Hoagland 100 % duas vezes por semana
- Hoagland 100 % uma vez por semana
- ▲ Hoagland 50 % uma vez por semana

Valores seguidos da mesma letra não apresentam diferença significativa para o mesmo dia de crescimento.

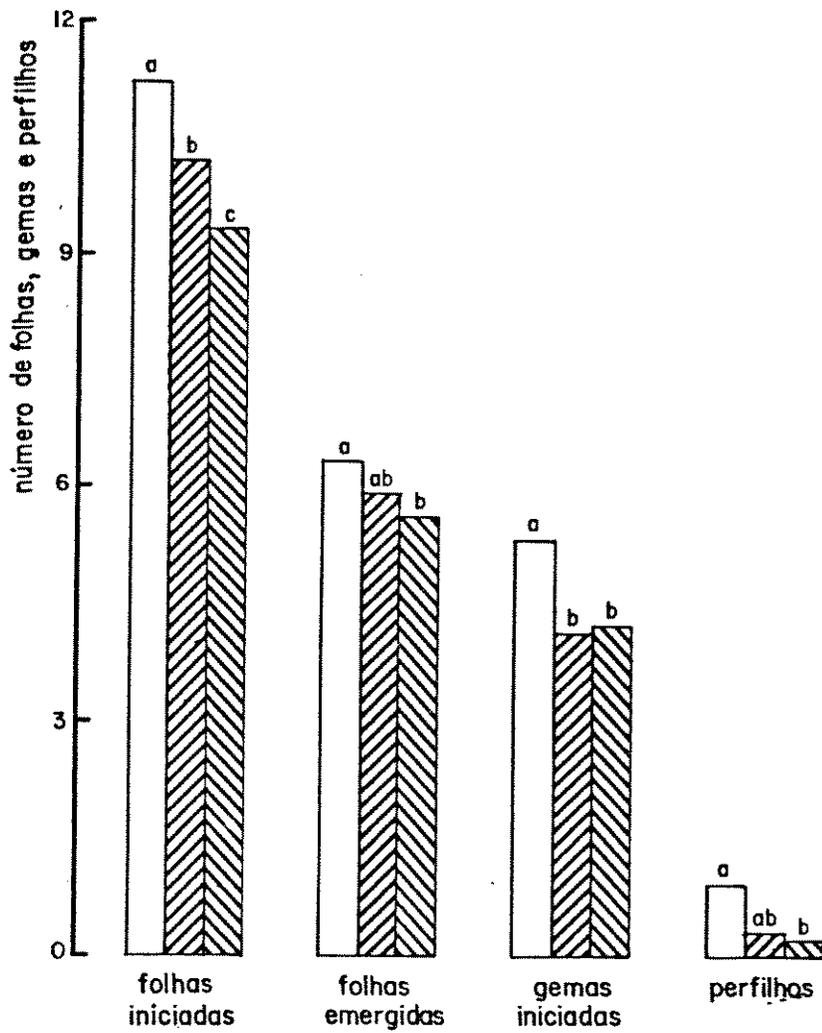
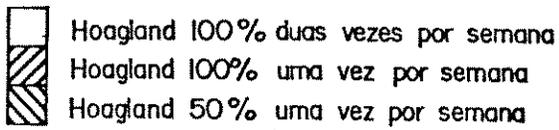


Figura 4 - Número de folhas e gemas iniciadas, folhas emergidas e perfilhos, após o término do experimento, de plantas tratadas com Hoagland na sua concentração normal uma e duas vezes por semana e com Hoagland 50%, uma vez por semana.



(Figura 4), seguiu o mesmo padrão da emergência de folhas, ou seja, as plantas irrigadas com Hoagland 100% não apresentaram diferença significativa entre si. O número de perfilhos foi 0,9 quando as plantas foram irrigadas com Hoagland 100% duas vezes por semana e 0,3 com irrigação de uma vez por semana. Também não houve diferença na emergência de gemas laterais entre as plantas tratadas com Hoagland 100% uma vez por semana e Hoagland 50%. Nestas últimas, o número de perfilhos por planta foi 0,2. A única diferença significativa observada no perfilhamento ocorreu entre os tratamentos com Hoagland 100% duas vezes por semana e Hoagland 50%.

Portanto, a irrigação com solução de Hoagland na sua concentração normal, aplicada duas vezes por semana resultou em plantas melhor desenvolvidas em todos os parâmetros analisados, quando este tratamento é comparado com o tratamento em que Hoagland foi diluído a 50%. Comparando-se os tratamentos com Hoagland 100% duas vezes por semana e 100% uma vez por semana, observou-se que o primeiro promoveu o alongamento do eixo e a iniciação de folhas e gemas laterais. Por estas razões os experimentos seguintes, realizados em vermiculita, foram todos feitos com este regime de irrigação (Hoagland 100%, duas vezes por semana) que promoveu o melhor desenvolvimento das plantas.

1.2 - redução no fornecimento de nitrato

Redução no fornecimento de nitrato pode alterar os níveis endógenos de reguladores de crescimento nas plantas, como por exemplo, reduzir o conteúdo de citocininas em exudado de raiz (Wagner e Michael, 1971; Salama e Wareing, 1979), e aumentar o conteúdo de ácido abscísico em folhas (Goldbach *et al.*, 1974), que por sua vez poderiam afetar o desenvolvimento de gemas axilares de plantas sujeitas a estas alterações. Além disso, diminuição nos níveis de nitrato pode causar outros efeitos no desenvolvimento geral das plantas.

Para se testar o efeito da redução no fornecimento de

nitrate em plantas de sorgo, a irrigação das plantas com solução de Hoagland seguiu conclusões anteriores de que Hoagland 100% fornecida duas vezes por semana proporciona um melhor desenvolvimento de vários parâmetros de crescimento.

Foram realizados dois experimentos nos quais as plantas de sorgo cresceram durante 29 (Experimento I) e 51 dias (experimento II). Em cada um havia um lote de plantas controle ao qual se forneceu solução de Hoagland completa, na concentração normal, e um lote de plantas tratadas que recebeu solução de Hoagland também na concentração normal, mas sem nitrato.

A ausência de nitrato na solução nutritiva reduziu significativamente a altura das plantas e do eixo principal (Figura 5) sendo que a redução na altura das plantas teve início já no 11º dia de crescimento.

A Figura 6 mostra o acúmulo de matéria seca na parte aérea e sistema radicular. A matéria seca acumulada neste órgão foi significativamente reduzida pela ausência de nitrato na solução de Hoagland, tanto nas plantas do experimento I (Figura 6A), como do experimento II (Figura 6B). As diferenças em peso seco entre as plantas controle e tratadas (Figura 6B) aumentaram consideravelmente durante o período de crescimento.

A Figura 7A mostra que a iniciação e emergência de folhas entre as plantas controle e tratadas não diferiu significativamente até o 11º dia. Após este período a ausência de nitrato na solução de Hoagland passou a ter efeito, reduzindo tanto a iniciação como a emergência de folhas até o 29º dia. A Figura 7B confirma os dados anteriores e mostra que a inibição se manteve até o 51º dia do crescimento.

A iniciação de gemas axilares (Figura 8A) ocorreu após o 5º dia de crescimento tanto nas plantas controle quanto nas tratadas. Até o 11º dia a ausência de nitrato não teve efeito significativo nesta iniciação. Redução na iniciação de

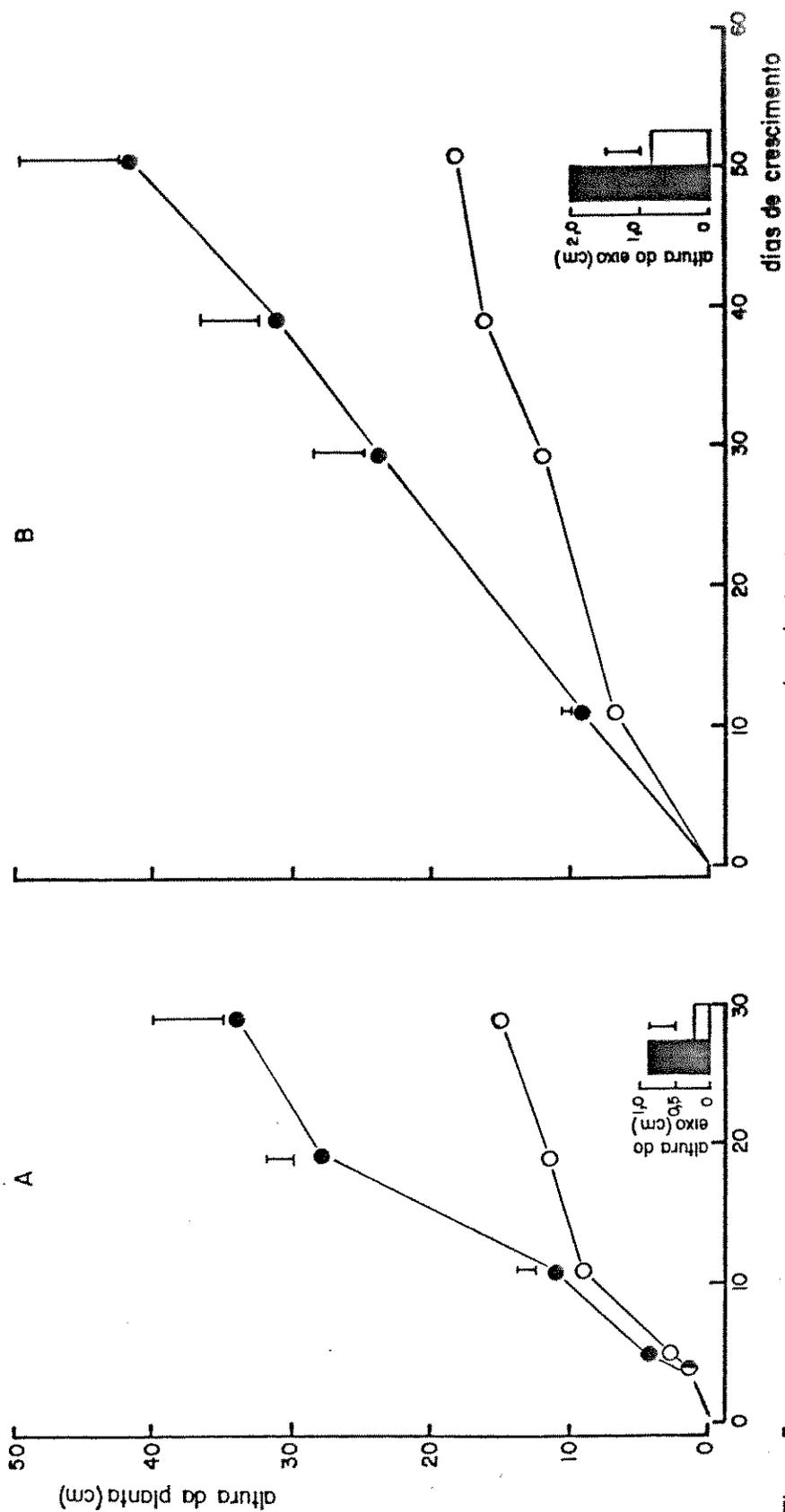


Figura 5 - Altura das plantas, durante os períodos de crescimento, e do eixo principal, após o término dos experimentos, de plantas tratadas com Hoagland completa e sem nitrato.

- Hoagland completa
- Hoagland sem nitrato

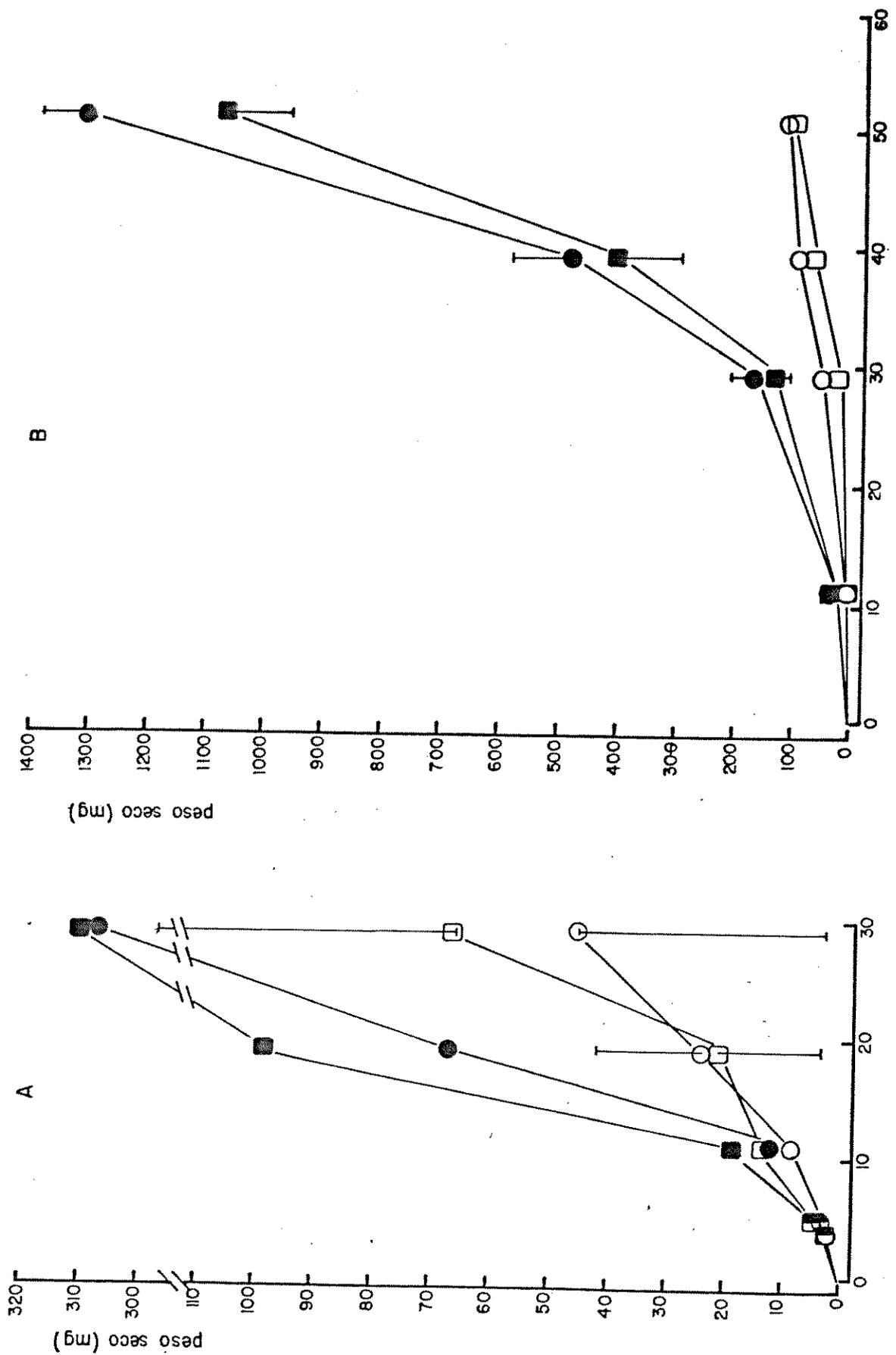


Figura 6 - Peso seco da parte aérea (■ □) e do sistema radicular (● ○), durante os períodos de crescimento, de plantas tratadas com Hoagland completo ou sem nitrato.
 ■ ● Hoagland completa A-Experimento I
 □ ○ Hoagland sem nitrogênio B-Experimento II

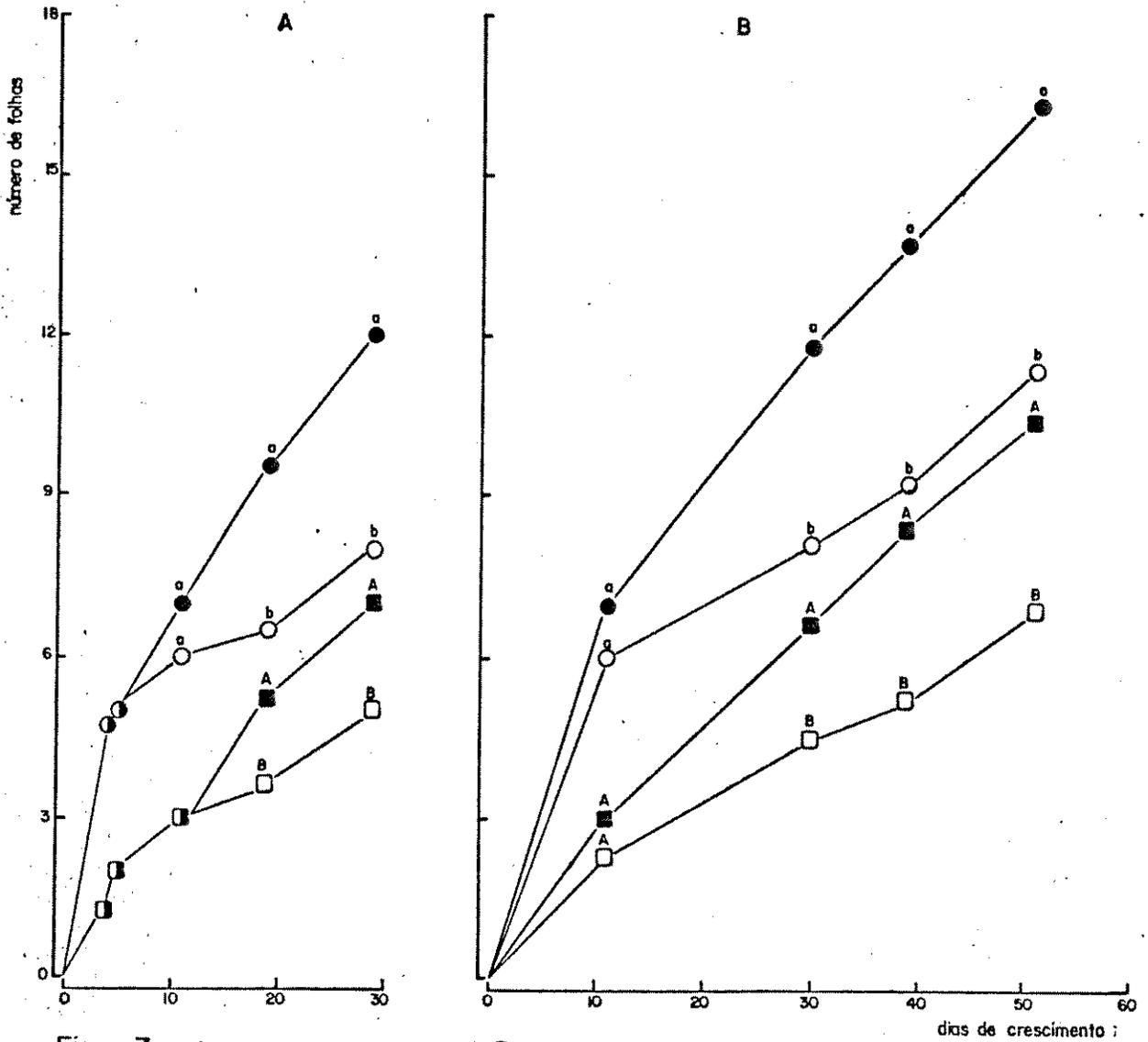


Figura 7 - Número de folhas iniciadas (●○) e emergidas (■□), durante o período de crescimento, de plantas tratadas com Hoagland completa ou sem nitrato.

■ ● Hoagland completa
□ ○ Hoagland sem nitrogênio

A - Período de crescimento de 29 dias
B - Período de crescimento de 51 dias

gemas axilares nas plantas que não receberam nitrato somente foi significativa nos dias 19 e 29. A emergência de perfilhos não ocorreu até o final deste experimento. A *Figura 8B* confirma o padrão de iniciação de gemas observado na *Figura 8A*, com a ausência de nitrato na solução não exercendo efeito até o 11º dia e após este dia, inibindo esta iniciação até o final do experimento. A emergência de gemas axilares em perfilhos (*Figura 8B*) nas plantas que receberam nitrato teve início no 30º dia. A ausência de nitrato na solução de Hoagland atrasou o perfilhamento, que somente teve início, neste tratamento, no 39º dia. No 39º e 51º dia de crescimento a ausência de nitrato na solução reduziu significativamente o número de perfilhos, em relação ao controle.

A *Figura 9* mostra o padrão de iniciação de gemas axilares durante o crescimento. No 11º dia, 100% das plantas que receberam Hoagland completa já apresentavam P_2 e 20% apresentavam P_3 ; as plantas tratadas não apresentavam P_3 e somente 50% tinham iniciado P_2 . No 30º dia pode-se observar que das plantas controle 100% apresentavam P_2 a P_5 , 90% já apresentavam P_6 e 50% também apresentavam P_7 , das plantas que não receberam nitrato 100% apresentavam P_2 e P_3 e 70% apresentavam P_4 . no 39º dia 100% das plantas controle apresentavam até P_7 e e 60% apresentavam P_8 ; neste mesmo dia, a última gema axilar que aparece em 100% das plantas que não receberam nitrato foi P_5 e somente 20% das plantas apresentavam P_6 . No 51º dia 100% das plantas controle apresentavam P_{10} como última gema axilar iniciada. Das plantas tratadas 50% apresentavam P_7 como última gema axilar iniciada e apenas as gemas P_2 a P_6 aparecem em 100% das plantas.

A ausência de nitrato na solução de Hoagland resultou portanto, em plantas menores, reduziu o peso seco da parte aérea e sistema radicular, inibiu a iniciação de folhas e gemas axilares, a emergência de folhas e o perfilhamento.

Uma vez que a ausência total no fornecimento de nitrato retardou marcadamente o crescimento (em todos os parâme

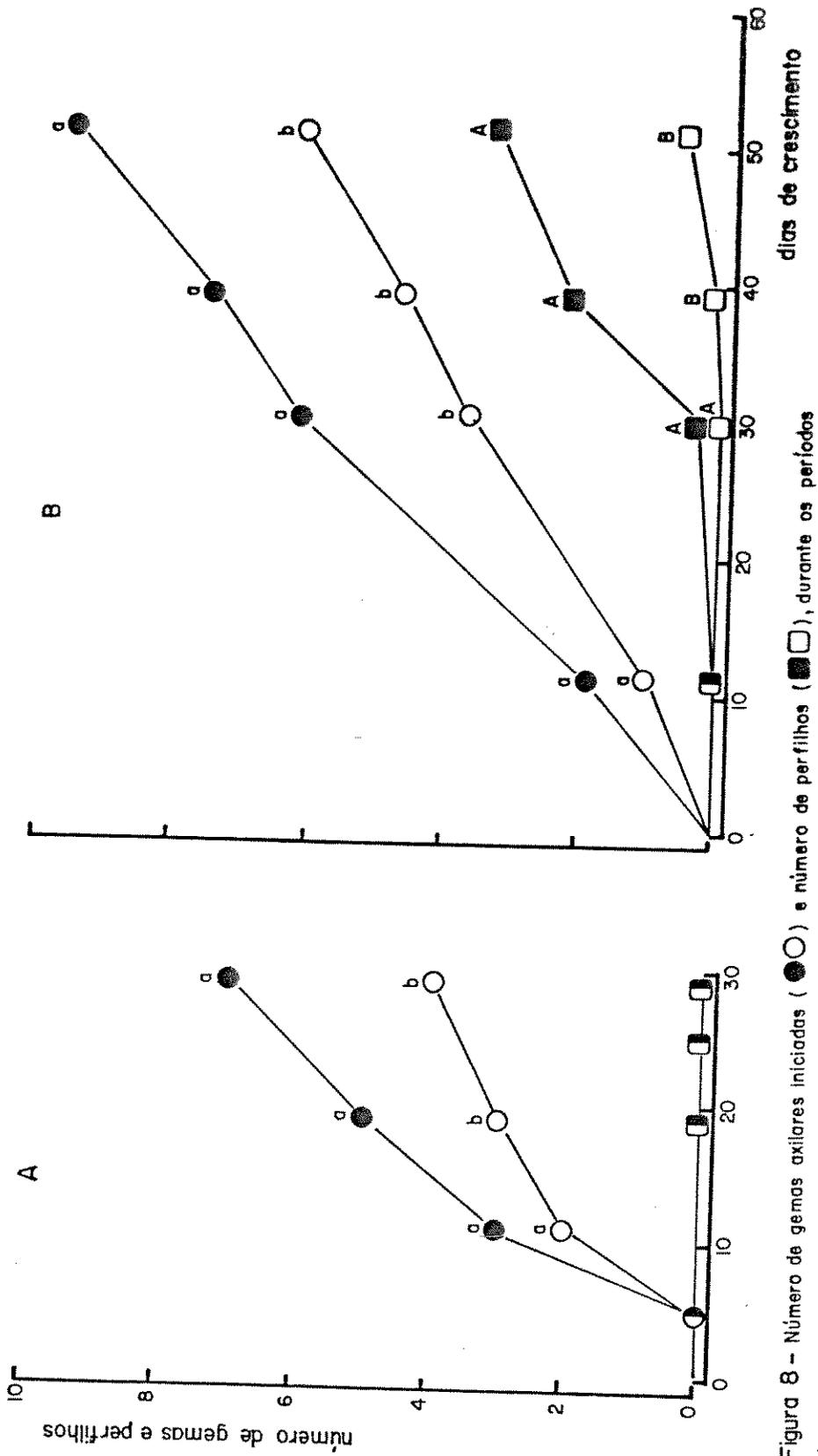


Figura 8 - Número de gemas axilares iniciadas (●○) e número de perfilhos (■□), durante os períodos de crescimento, de plantas tratadas com Hoagland completa e sem nitrato.
 ● Hoagland completa A-Experimento I
 ○ Hoagland sem nitrato B-Experimento II

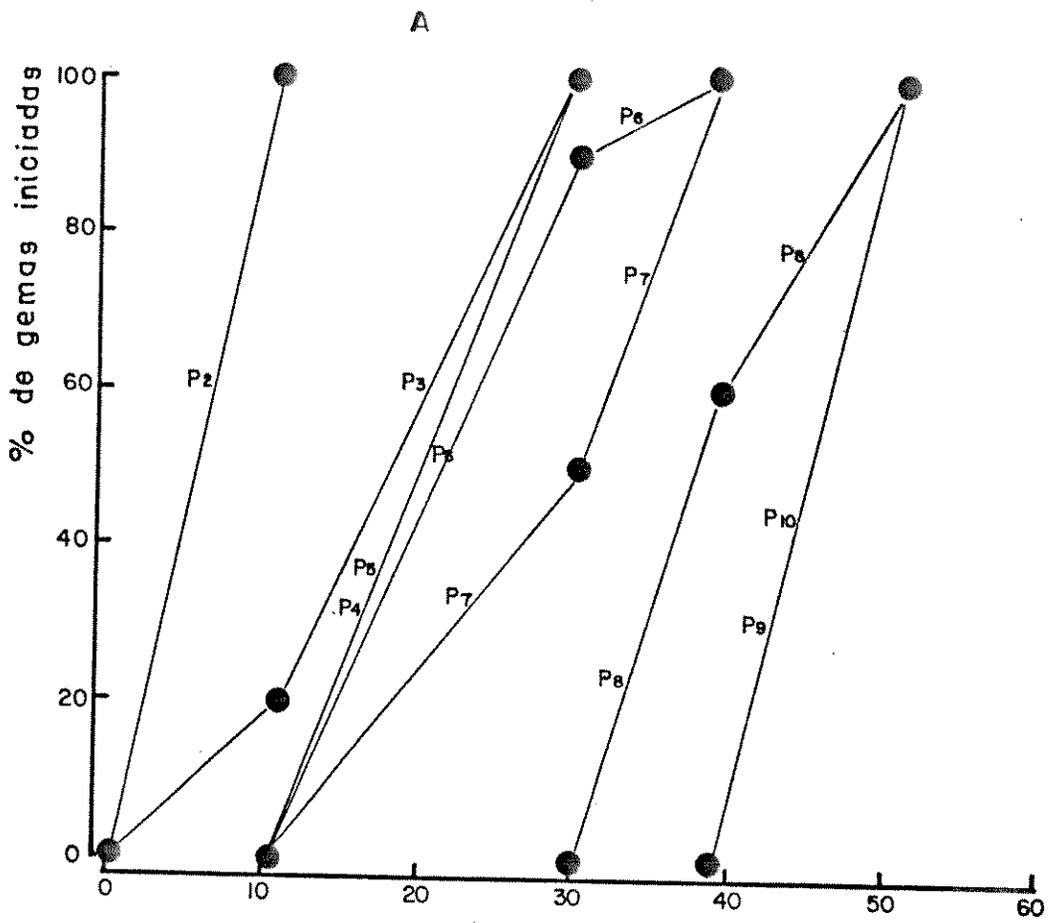


Figura 9 - Padrão de iniciação de gemas axilares, durante 51 dias (Experimento II), de plantas tratadas com Hoagland completa ou sem nitrato.

- A - ● Hoagland completa
- B - ○ Hoagland sem nitrato

tros analisados), de plantas de sorgo, outro experimento foi montado para se verificar também qual o efeito causado por um atraso no fornecimento de nitrato no desenvolvimento destas plantas. Neste experimento, três lotes de plantas receberam solução de Hoagland sem nitrato nos dias 4 e 6 após o plantio. A partir do 10º dia o primeiro lote de plantas passou a receber solução completa enquanto os demais continuaram a receber solução deficiente. No dia 17 o segundo lote de planta passou a receber solução completa enquanto o terceiro recebeu sempre a deficiente. O efeito dos tratamentos foi verificados nos dias 10; 17 e 37 do experimento.

A *Figura 10* mostra que até o 17º dia de crescimento as plantas que já haviam recebido nitrato desde o 10º dia não diferiram em altura em relação às plantas que não haviam recebido. No 37º dia as plantas que nunca receberam nitrato tiveram sua altura inferior àquelas que receberam nitrato desde o 10º ou 17º dia sendo que estes dois últimos tratamentos não diferiram significativamente entre si.

Aplicação de nitrato no 10º dia não aumentou o peso seco da parte aérea das plantas no 17º dia, mas o aumentou marcadamente no 37º dia do experimento (*Figura 11*). Neste ponto, as plantas que receberam nitrato a partir do 17º dia também apresentaram maior acúmulo de matéria seca na parte aérea do que as que nunca receberam nitrato.

As plantas que receberam nitrato a partir do 10º dia tiveram seu número de folhas emergidas e iniciadas (*Figura 12*) superior aos demais tratamento tanto no 17º como no 37º dia. No final do experimento estas plantas apresentavam 9,8 folhas iniciadas estando 5,8 delas emergidas. Plantas que passaram a receber nitrogênio a partir do 17º dia apresentaram no 37º dia cerca de 9,2 folhas iniciadas e 5,2 folhas emergidas. O menor número de folhas iniciadas e emergidas foi observado nas plan

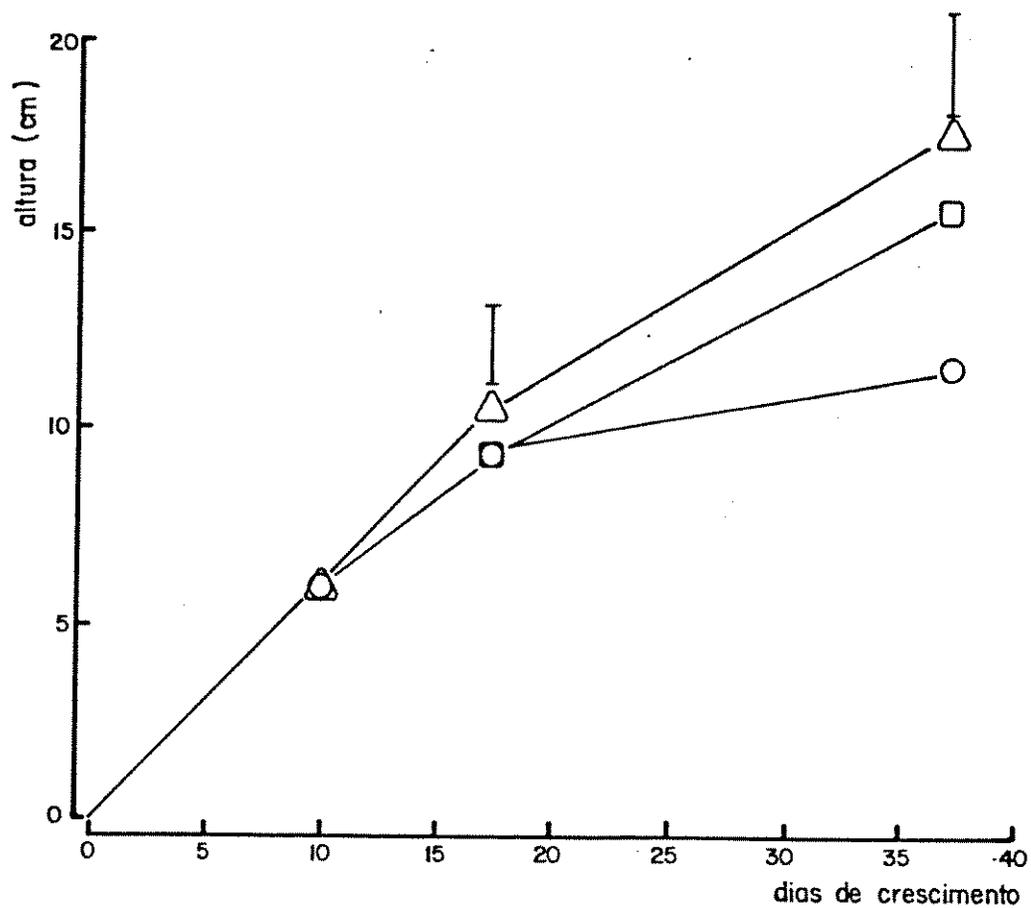


Figura 10 - Altura de plantas, durante o período de crescimento, tratadas com Hoagland sem nitrato ou com nitrato após o décimo ou décimo sétimo dia de crescimento.

- -NO₃
- △ +NO₃ a partir do décimo dia
- +NO₃ a partir do décimo sétimo dia

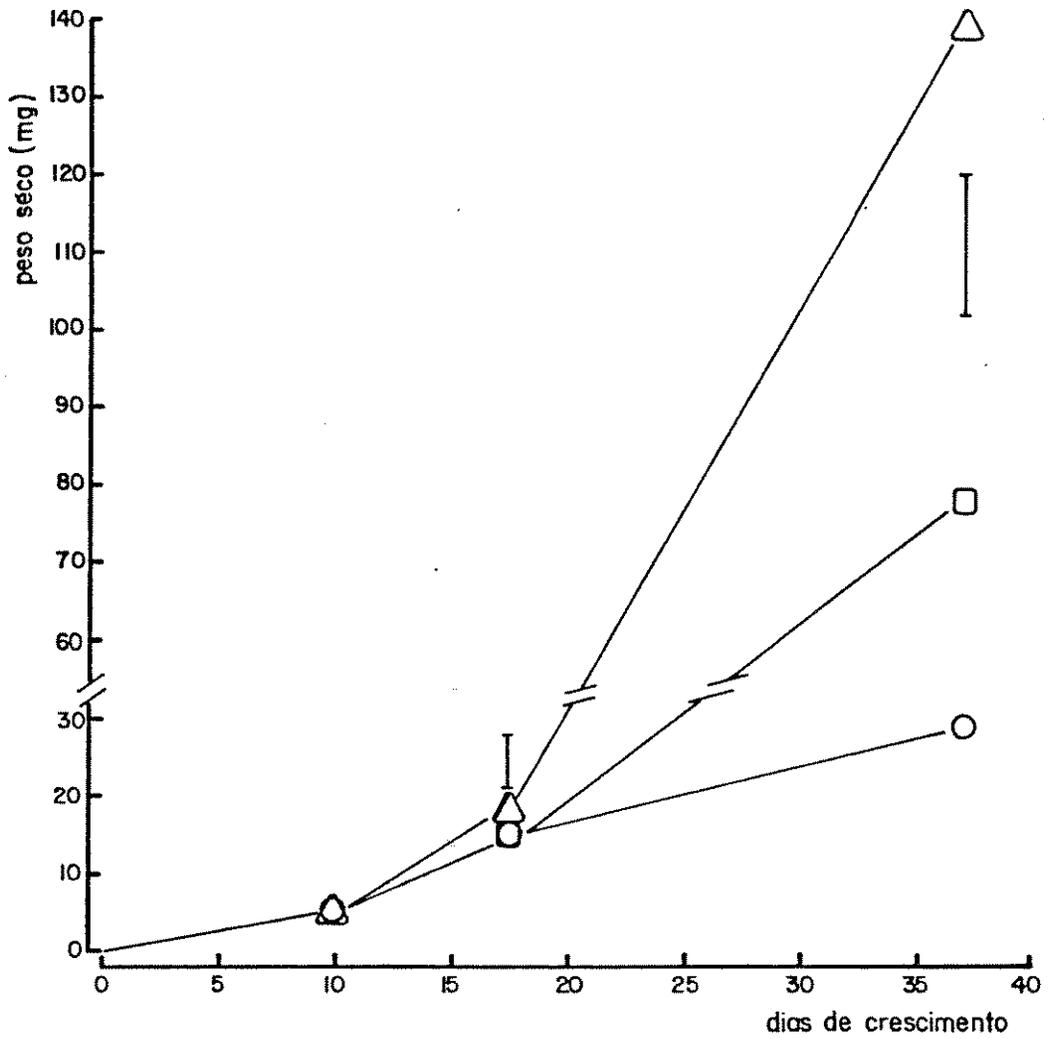


Figura II - Peso seco da parte aérea, durante o período de crescimento, de plantas que não receberam nitrato ou que receberam nitrato após o décimo ou décimo sétimo dia de crescimento.

○ -NO₃

△ +NO₃ a partir do décimo dia

□ +NO₃ a partir do décimo sétimo dia

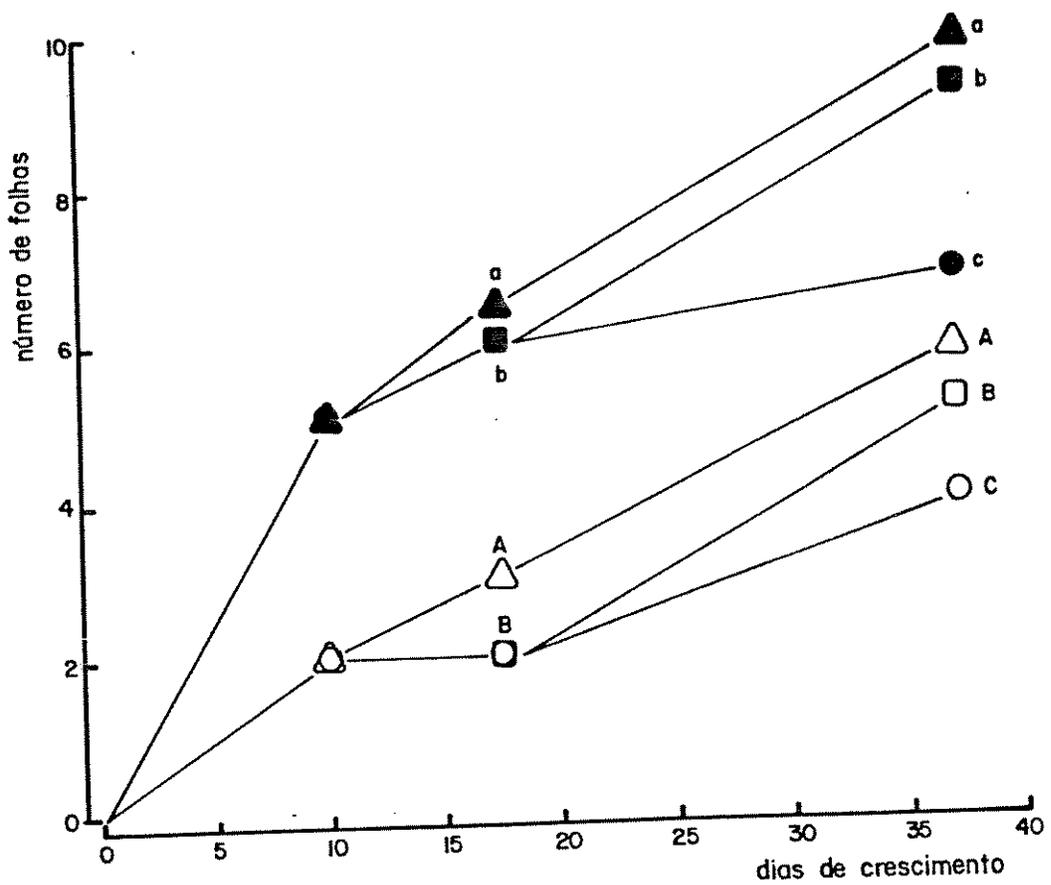


Figura 12 - Número de folhas iniciadas (●▲■) e emergidas (○△□), durante o período de crescimento, de plantas que não receberam nitrato, ou que receberam nitrato após o décimo, ou décimo sétimo. dia de crescimento.

○ ● -NO₃

△ ▲ +NO₃ a partir décimo dia

□ ■ +NO₃ a partir do décimo sétimo dia

tas que não receberam nitrato sendo 6,8 folhas iniciadas e 4,0 folhas emergidas.

A *Figura 13* mostra que no 17º dia as plantas que começaram a receber nitrato a partir do 10º dia apresentaram maior número de gemas axilares iniciadas em relação às que ainda não haviam recebido nitrato; com fornecimento de nitrato a partir do 17º dia estas últimas continuaram a apresentar iniciação de gemas axilares de tal modo que no 37º dia apresentaram cerca de 3,0 gemas axilares iniciadas, não apresentando diferença significativa em relação às plantas que foram suprimidas com nitrato a partir do 10º dia que apresentavam cerca de 3,3 gemas iniciadas. As plantas que continuaram recebendo solução nutritiva sem nitrato até o final do experimento não apresentaram iniciação de gemas após o 17º dia, tendo em média menos que 1,0 gema iniciada por planta no 37º dia.

O início de perfilhamento, *Figura 13*, ocorreu após o 17º dia e somente as plantas que receberam nitrato apresentaram perfilhos. No final do experimento o maior número de perfilhos, um por planta, foi observado nas plantas que receberam nitrato a partir do 10º dia; as diferenças foram significativas entre os três tratamentos.

O atraso no fornecimento de nitrato retardou portanto, o desenvolvimento das plantas, reduzindo o peso seco da parte aérea, o número de folhas emergidas e iniciadas e o número de perfilhos. Em altura e número de gemas axilares iniciadas um atraso no suprimento de nitrato do dia 10 para o dia 17 após o plantio não alterou os resultados finais.

A ausência total de aplicação de nitrogênio determinou a redução de crescimento das plantas em todos os parâmetros analisados, não determinando, entretanto, a morte das plantas

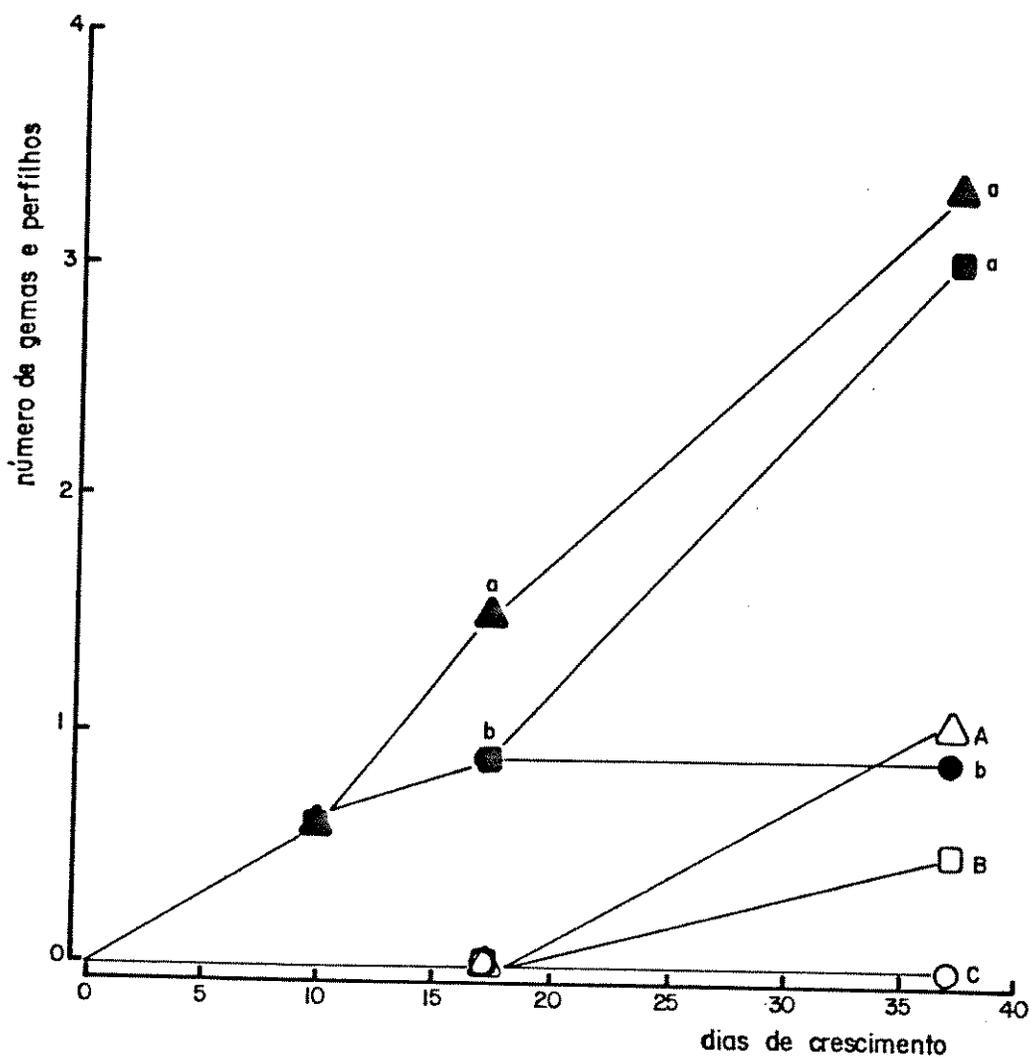


Figura 13 - Número de gemas axilares iniciadas (●▲■) e perfílios (○△□), durante o período de crescimento, de plantas que não receberam nitrato, ou que receberam nitrato, após o décimo e décimo sétimo dias de crescimento.

- ● -NO₃
- △ ▲ +NO₃ a partir do décimo dia
- ■ +NO₃ a partir do décimo sétimo dia

ou a parada total no crescimento até o 37º dia após o plantio; apenas o crescimento lateral, tanto medido através de iniciação de gemas axilares quanto de sua emergência em perfilhos, ficou totalmente comprometido a partir do 17º dia neste experimento.

1.3 - aumento no suprimento de nitrato e fosfato

Em gramíneas já se observou que alterações no balanço de nutrientes tais como nitrogênio, fósforo e potássio podem afetar o desenvolvimento das plantas, em especial o desenvolvimento dos perfilhos (Gregory, 1937; Aspinal, 1961; Fletcher e Dale, 1974 e Rocha, 1978).

O efeito da maior disponibilidade de nitrato e fosfato foi aqui verificado dobrando-se suas concentrações na solução de Hoagland. As plantas cresceram até o 29º dia, quando foi feita a dissecação.

A *Figura 14* mostra que a altura das plantas tratadas com fosfato não apresentou diferença significativa em relação ao controle em qualquer dos pontos analisados. O tratamento com nitrato inibiu o crescimento em altura das plantas de sorgo sendo esta inibição estatisticamente significativa entre o 20º e 29º dias após o plantio.

A altura do eixo principal (*Figura 14*) não foi alterada nas plantas tratadas em relação às controle.

A *Figura 15* mostra o acúmulo de matéria seca nas plantas tratadas e controle. O tratamento com fosfato não afetou o peso seco do sistema radicular mas teve efeito promotor no peso seco da parte aérea considerada como um todo. O peso seco da parte aérea não considerando os perfilhos não foi afetado pelo tratamento com fosfato, mas promoveu o acúmulo de matéria seca nos perfilhos. Assim, o efeito promotor do fosfato

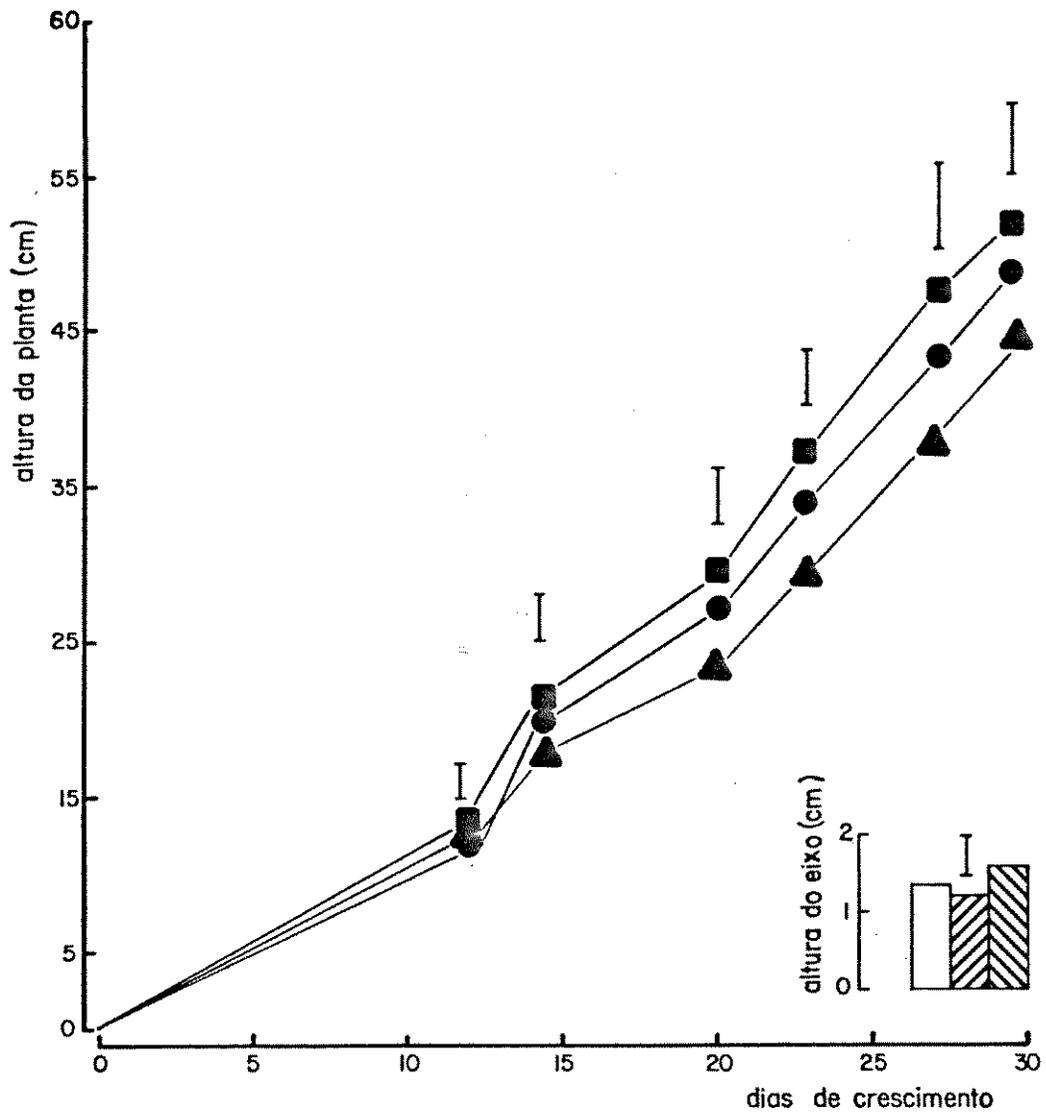
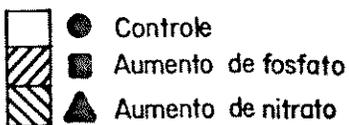


Figura 14—Altura das plantas, durante o período de crescimento, e do eixo principal, após o término do experimento, de plantas tratadas ou não, com aumento na disponibilidade de nitrato e fosfato.



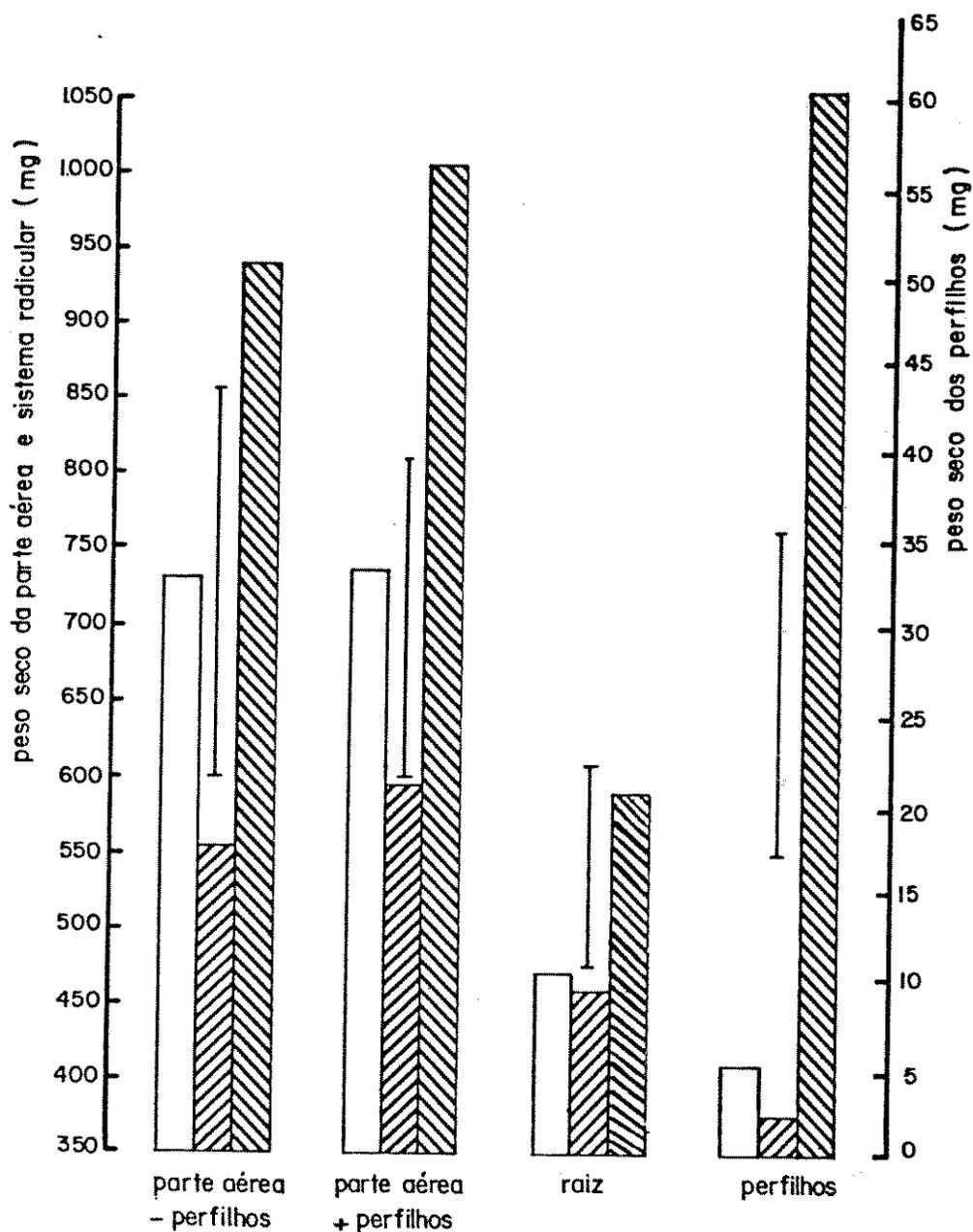
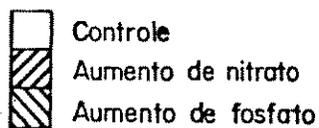


Figura 15 - Peso seco da parte aérea menos os perfilhos, total da parte aérea e do sistema radicular, após o término do experimento, de plantas tratadas ou não com aumento na disponibilidade de nitrato e fosfato.



no peso seco da parte aérea pode ser atribuído ao efeito que este tratamento exerceu nos perfilhos.

O tratamento com nitrato não afetou significativamente o peso seco do sistema radicular (*Figura 15*), nem da parte aérea, mesmo quando se analisa separadamente o peso seco da parte aérea não considerando os perfilhos, e o peso seco dos perfilhos.

Observa-se pela *Figura 16* que os tratamentos não afetaram significativamente a iniciação de folhas em relação ao controle no 29º dia. O número de folhas iniciadas nas plantas controle foi 13,2; as plantas tratadas com nitrato e fosfato apresentaram 12,7 e 13,5 folhas iniciadas respectivamente.

Aumento no fornecimento de fosfato também não aumentou a emergência de folhas, que foi igual ao controle (8,2) no 29º dia, mas promoveu a iniciação de gemas laterais (*Figura 16*) e teve um efeito marcante na emergência destas laterais em perfilhos (*Figuras 16 e 17*), antecipando o início do perfilhamento em seis dias e aumentando significativamente o número de perfilhos por planta durante toda a fase de perfilhamento estudada. O número de gemas laterais iniciadas (*Figura 16*) no 29º dia foi 7,2 nas plantas tratadas com fosfato e 6,3 nas plantas controle. As plantas tratadas com fosfato apresentaram no 29º dia, em média, 2,0 perfilhos enquanto as plantas controle apresentavam 0,6 perfilhos.

Aumento na concentração de nitrato reduziu a emergência de folhas (*Figura 16*) que foi 7,5 folhas emergidas, atrasou o início do perfilhamento para o 29º dia e reduziu significativamente o número de perfilhos neste dia (*Figura 16 e 17*). O número médio de perfilhos no 29º dia para as plantas tratadas com nitrato foi 0,1 perfilho por planta.

Em resumo, o aumento no suprimento de fosfato não afetou o desenvolvimento das plantas quando se analisou os parâmetros relacionados ao eixo principal: altura da planta e do

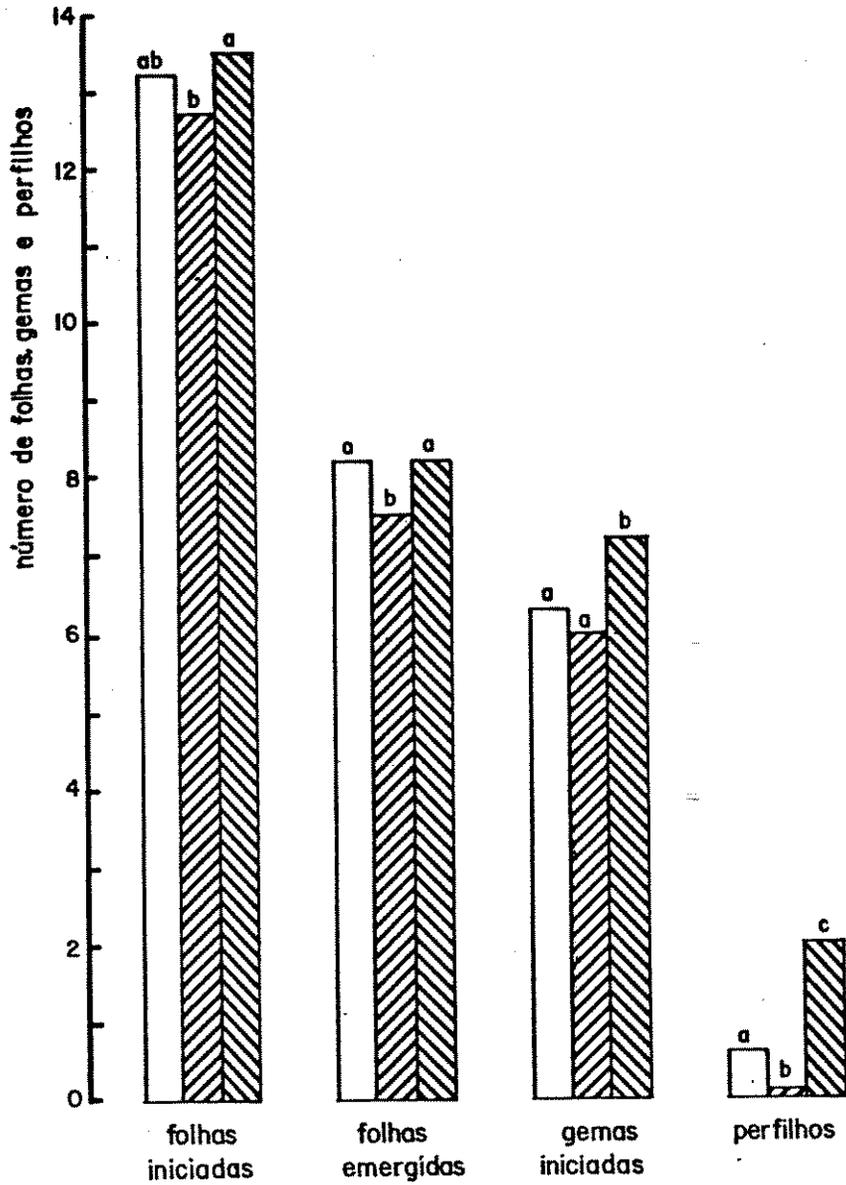
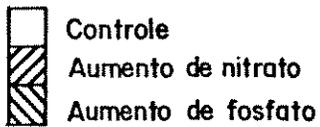


Figura 16 - Número de folhas e gemas iniciadas, folhas emergidas e perfilhos, após o término do experimento, de plantas tratadas ou não, com aumento na disponibilidade de nitrato e fosfato.



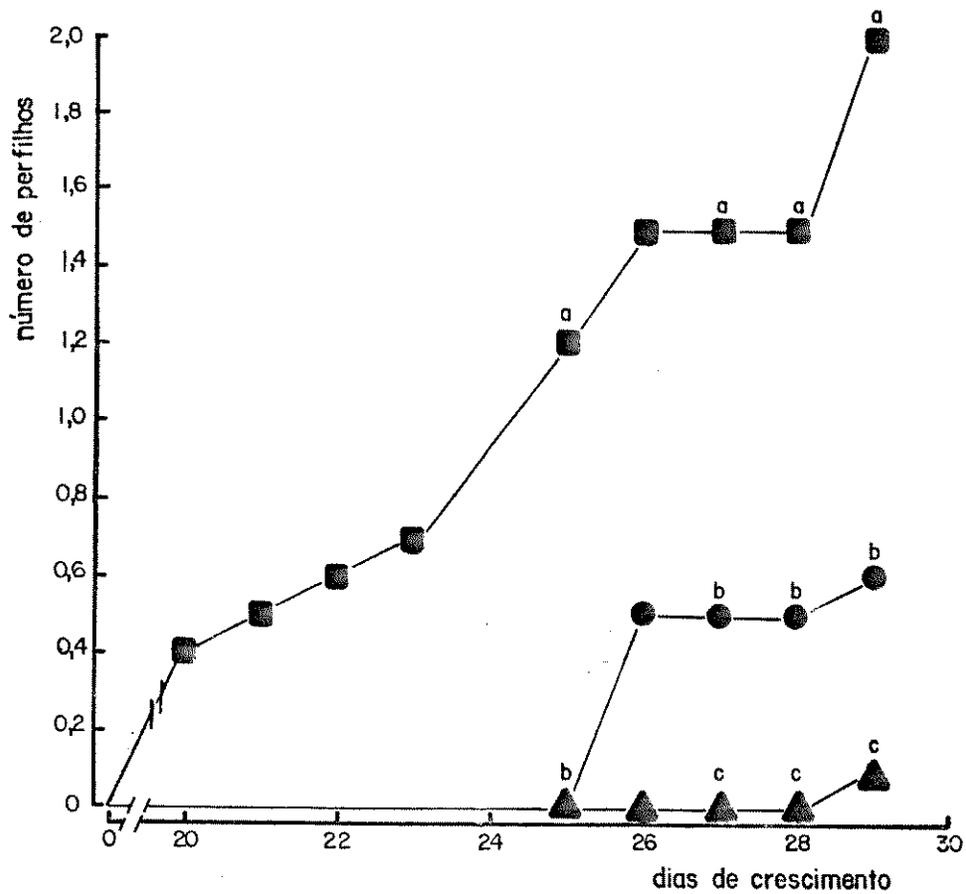


Figura 17 - Número de perfilhos, durante o período de crescimento, de plantas tratadas ou não com aumento na disponibilidade de nitrato e fosfato.

- Hoagland normal
- Aumento de fosfato
- ▲ Aumento de nitrato

eixo, peso seco e número de folhas; mas este tratamento promoveu os parâmetros relacionados ao perfilhamento: iniciação de gemas axilares, adiantou o perfilhamento e aumentou o número de perfilhos por planta, promovendo o acúmulo de matéria seca nos perfilhos.

O aumento no suprimento de nitrato não afetou a altura do eixo principal, o peso seco, o número de folhas e gemas axilares iniciadas, mas reduziu a altura das plantas, o número de folhas e gemas emergidas e atrasou o início do perfilhamento.

2. EFEITO DA DISPONIBILIDADE DE ÁGUA

Além dos efeitos causados pelas alterações na disponibilidade de nutrientes minerais no desenvolvimento das plantas, outros fatores ambientais, como por exemplo a disponibilidade de água, podem também afetar seu padrão de desenvolvimento.

Estresse de água pode ser aplicado diretamente ao sistema radicular pela diminuição ou aumento drástico da água disponível no solo, ou por um aumento na concentração de sais com conseqüente redução no potencial osmótico ou pode ser aplicado à parte aérea impondo maior taxa de transpiração.

Qualquer alteração na disponibilidade de água para as plantas pode afetar os processos metabólicos e alterar o balanço de substâncias de crescimento endógenas. A compreensão dos efeitos causados pelas alterações na disponibilidade de água sobre o desenvolvimento das plantas pode contribuir para o melhor entendimento dos fatores internos que regulam este desenvolvimento.

2.1 - redução na disponibilidade de água

O efeito da menor disponibilidade de água em plantas

de sorgo foi verificado em dois experimentos. No Experimento I as plantas cresceram no período de 16 de outubro a 12 de novembro (28 dias) e no Experimento II o crescimento foi no período de 19 de novembro a 23 de dezembro (35 dias), em cada experimento havia um lote de plantas controle, irrigadas sempre que necessário com 200ml de água de torneira (geralmente uma vez por dia), e um lote de plantas tratadas nas quais a disponibilidade de água para o sistema radicular foi diminuída, com diminuição na frequência de irrigação em relação às plantas controle (estas plantas eram irrigadas uma vez sim ou tra não). As plantas tratadas do Experimento II apresentaram injúrias (murcha) entre o 25º e 28º dia e a partir deste dia elas passaram a ser irrigadas como o controle.

A *Figura 18* mostra que nos dois experimentos as plantas tiveram sua altura total e altura do eixo reduzidas pela redução na disponibilidade de água. No experimento I (*Figura 18A*) a menor disponibilidade de água determinou redução significativa na altura da planta a partir do 7º dia do experimento. No Experimento II (*Figura 18B*), a altura das plantas menos irrigadas foi inferior à do controle somente no 28º e 35º dias.

O peso seco total da parte aérea das plantas do Experimento I (*Figura 19A*) não foi afetado significativamente pela diminuição na disponibilidade de água; o peso dos perfilhos isolados também não sofreu efeito do tratamento, mas o peso da parte aérea desconsiderando-se os perfilhos foi estatisticamente menor nas plantas tratadas. Este efeito da redução na disponibilidade de água reduzindo acúmulo de matéria seca na parte aérea de plantas de sorgo, foi mais marcante no experimento em que houve injúria temporária para as plantas (*Figura 19B*), onde tanto o peso seco da parte aérea sem perfilhos e dos perfilhos isolados, como o peso seco total da parte aérea, foram estatisticamente reduzidos.

O número de folhas emergidas não diferiu entre os tra

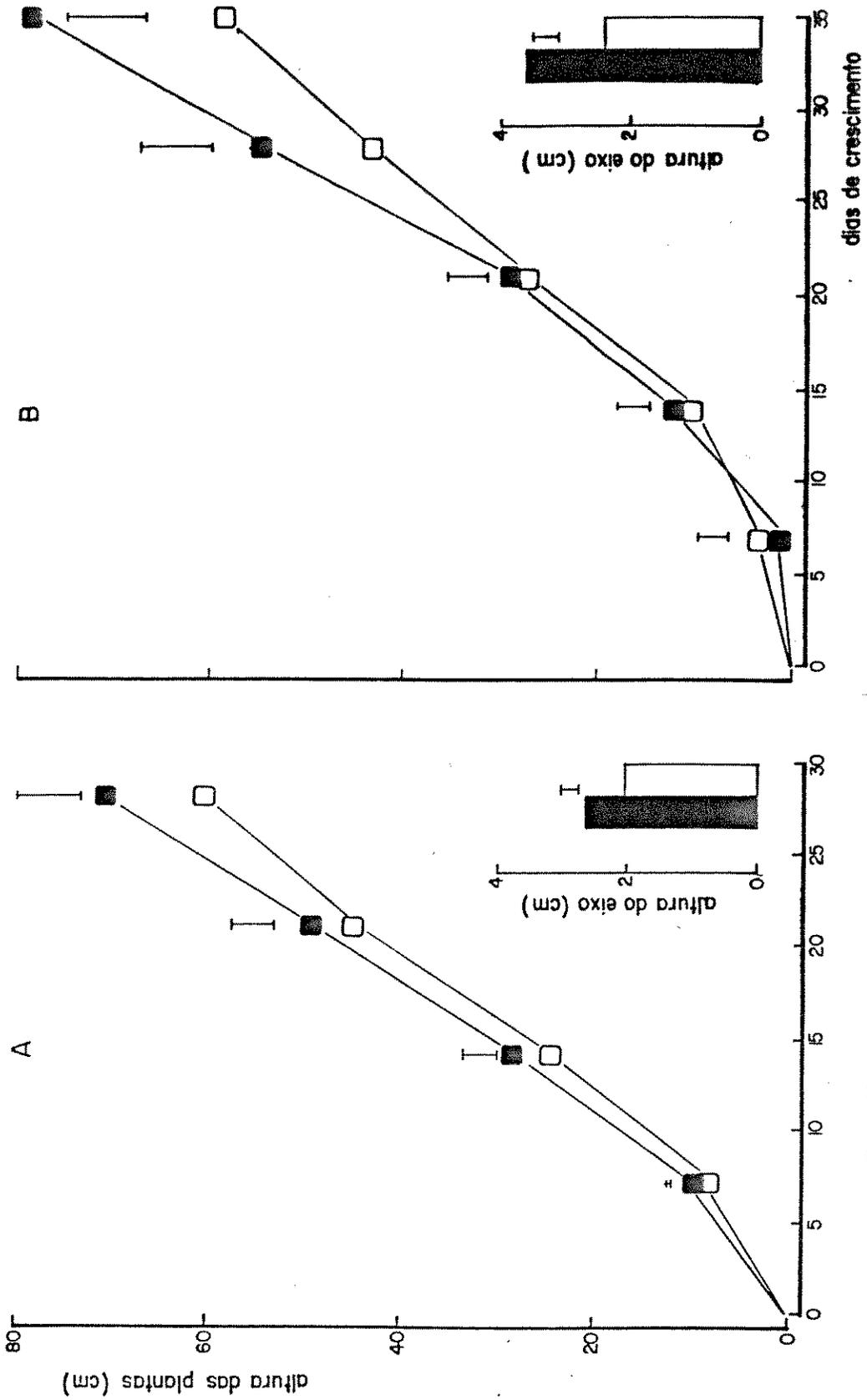


Figura 18 - Altura das plantas, durante os períodos de crescimento, e do eixo principal após o término do experimento, de plantas crescendo com irrigação frequente (controle) ou com menor disponibilidade de água.

■ Controle

□ Menor disponibilidade de água

A - Experimento I

B - Experimento II

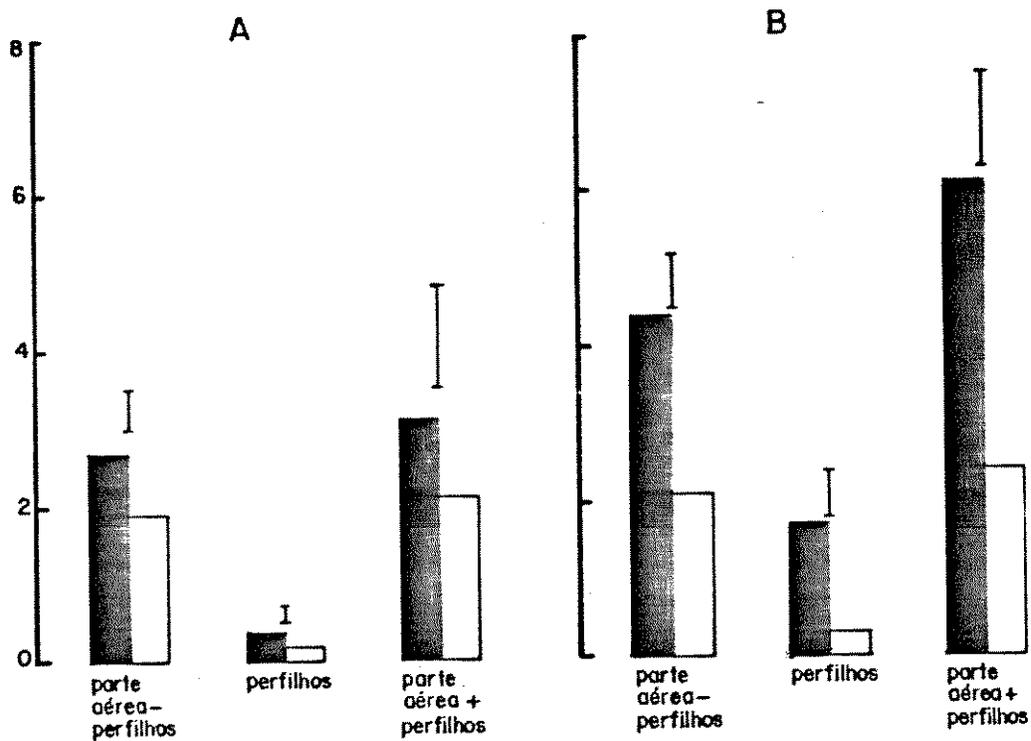


Figura 19 - Peso seco, após o término do experimento, de plantas crescendo com irrigação frequente (controle) ou com menor disponibilidade de água.



Controle

Menor disponibilidade de água

A - Experimento I

B - Experimento II

tamentos até o 28º dia quando era de 9,6 nas plantas controle e 9,4 nas plantas menos irrigadas (*Figura 20A*). Na *Figura 20B* observa-se também que até o 28º dia a emergência de folhas não diferiu significativamente entre os tratamentos, sendo o número de folhas emergidas neste dia igual a 9,0 e 8,7 para as plantas controle e tratadas respectivamente. Somente após o 28º dia (*Figura 20B*) é que se observou redução significativa na emergência de folhas, com as plantas que sofreram injúrias apresentando menor número de folhas emergidas (10,3) no 35º dia. Neste dia, as plantas controle apresentavam 11,2 folhas emergidas (*Figura 20B e 22B*).

Diminuição na frequência de irrigação não atrasou o início de perfilhamento (*Figura 20*). O padrão de emergência de gemas seguiu quase o mesmo padrão de emergência de folhas, ou seja, após o 28º dia (*Figura 20B*) as plantas menos irrigadas reduziram significativamente o número de perfilhos emergidos. Entretanto, houve recuperação na emergência de perfilhos no 35º dia (*Figura 20B e 22B*). O número médio de perfilhos emergidos até o 28º dia (*Figura 20A*) nas plantas menos irrigadas foi de 2,6 e nas plantas controle foi 3,2 perfilhos por planta. Na *Figura 20B* observa-se que as plantas menos irrigadas apresentavam em média 1,0 perfilho e as controle 1,8 no 28º dia, mas a diferença não foi estatisticamente significativa. No 31º dia o número de perfilhos foi significativamente menor (1,6) nas plantas com menor disponibilidade de água em relação às plantas controle que apresentavam 2,8 perfilhos. No 35º dia (*Figura 20B e 22B*), com recuperação na emergência de perfilhos, a diferença de 3,1 perfilhos nas plantas menos irrigadas para 3,8 nas plantas controle não foi estatisticamente significativa.

Na *Figura 21A* observa-se que do 19º até o 24º dia a diminuição na disponibilidade de água reduziu a porcentagem de plantas com perfilhos, mas no 25º dia de crescimento 100% das plantas controle e tratadas já apresentavam gemas axilares emergidas. Apesar da data do início do perfilhamento não ter sido modificada (*Figura 21B*), observa-se que entre o 23º e

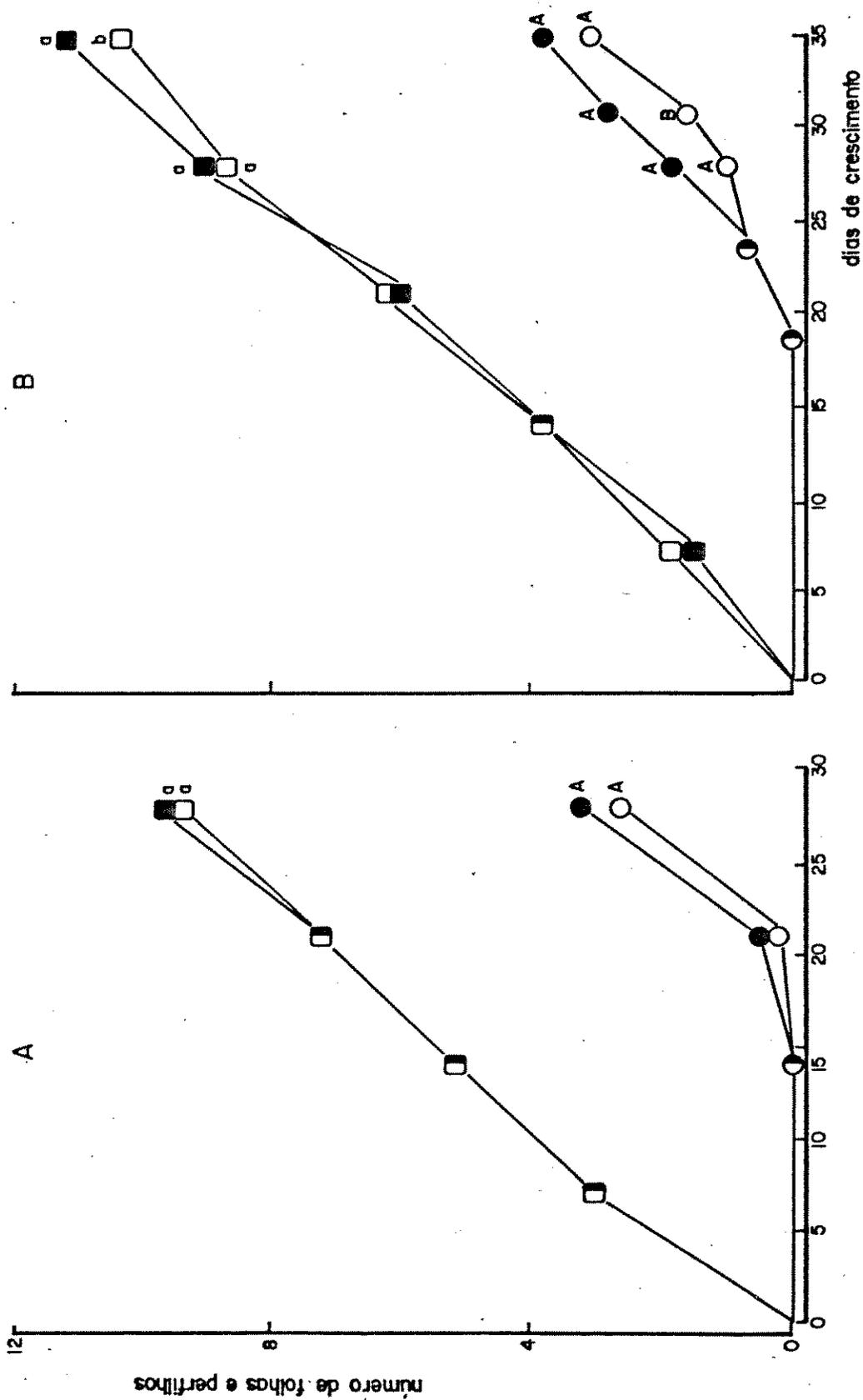


Figura 20 - Número de folhas emergidas (●□) e perfílos (●○), durante os períodos de crescimento, de plantas crescendo com irrigação frequente (controle), ou menor disponibilidade de água.

- Controle
- Menor disponibilidade de água
- A - Experimento I
- ◻ B - Experimento II

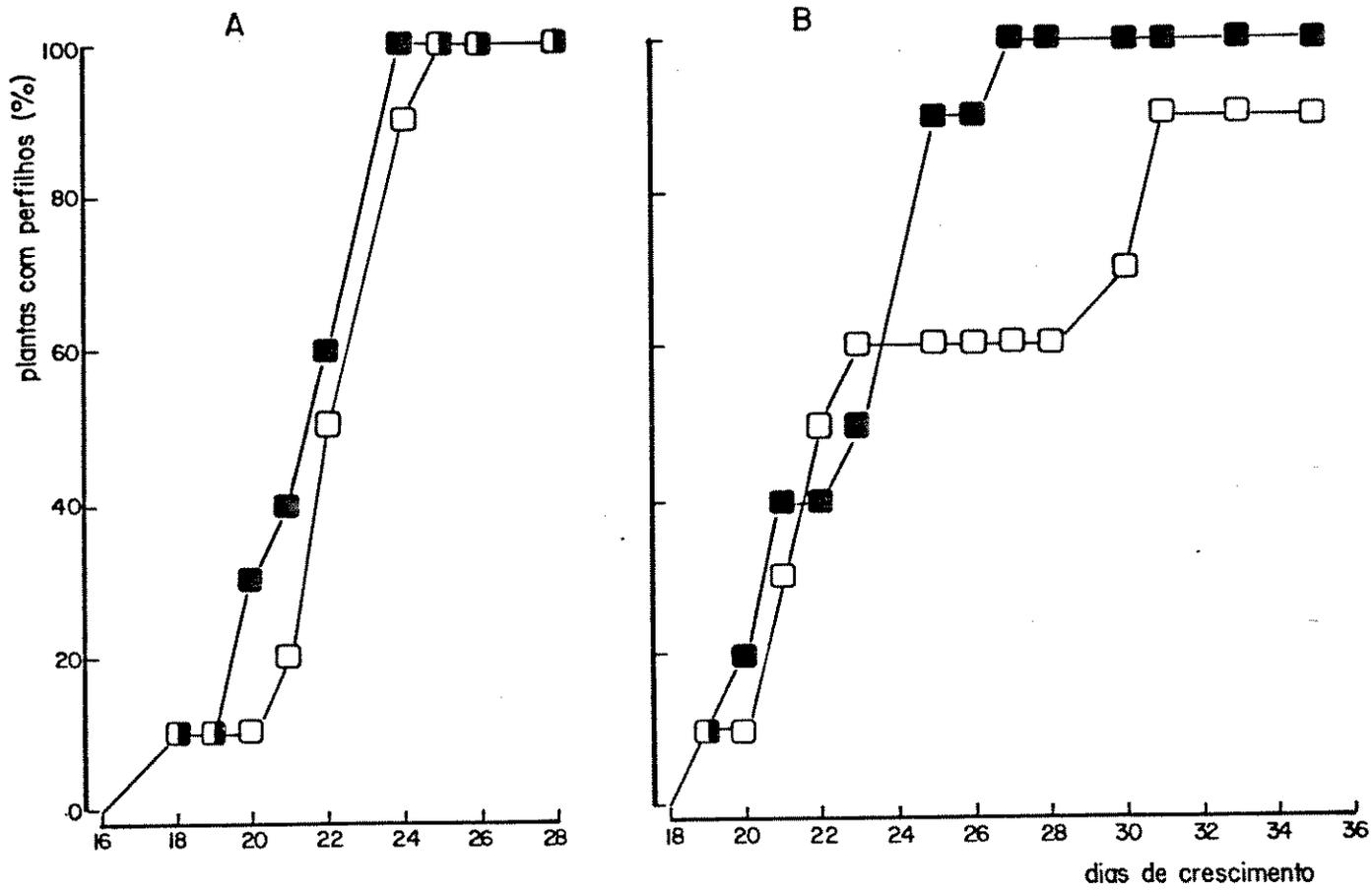


Figura 21 - Porcentagem de plantas com perfilhos durante 28 (A) e 35 dias (B). Plantas crescendo com irrigação frequente (controle) \blacksquare menor disponibilidade de água.

\blacksquare Controle

\square Menor disponibilidade de água

A- Experimento I

B- Experimento II

28º dias não houve aumento no número de plantas que apresentaram perfilhos quando elas cresciam sob estresse de água, enquanto no 28º dia 100% das plantas controle já apresentavam perfilhos. A partir daí, quando as plantas injuriadas passaram a receber irrigação como no controle, o número de plantas que produziam perfilhos aumentou, atingindo 90% no 31º dia, permanecendo constante até o final do experimento.

O crescimento das gemas axilares que emergiram ou não em perfilhos foi reduzido pela redução na disponibilidade de água do solo (Tabela 5). Quando o estresse provocou murcha a parente esta redução no crescimento dos perfilhos foi mais acentuada.

A iniciação de folhas até o último dia do experimento (Figura 22) não diferiu significativamente entre as plantas controle e tratadas, mas a iniciação de gemas axilares foi reduzida pelos tratamentos de estresse tanto quando não houve injúria (Figura 22A) como quando houve (Figura 22B). Nas plantas que cresceram até o 28º dia (Figura 22A) o número de folhas iniciadas observada foi 15,9 e 15,7 para as plantas controle e tratadas respectivamente. Nas plantas que cresceram até o 35º dia (Figura 22B) este número foi igual a 18,0 nas plantas controle e 16,7 nas plantas tratadas. O número de gemas axilares iniciadas até o 28º dia (Figura 22A), foi 8,4 nas plantas controle e 7,8 nas plantas que cresceram com menor disponibilidade de água. Estas plantas, no 35º dia (Figura 22B) apresentaram 9,9 gemas axilares, enquanto as plantas controle já apresentavam 11,4 gemas axilares iniciadas.

Resumindo, apenas a iniciação de folhas não foi afetada pela redução na disponibilidade de água, enquanto outros parâmetros como altura das plantas, altura do eixo e iniciação de gemas axilares foram reduzidas por qualquer um dos tratamentos de estresse. Outros parâmetros, como peso seco da parte aérea, emergência de folhas e de perfilhos e a porcentagem de plantas que apresentaram perfilhos também foram reduzidos, mas somente quando o estresse de água foi mais drásticos.

Tabela 5 - COMPRIMENTO (cm) DAS GEMAS AXILARES OU PERFILHOS, DE PLANTAS CRESCENDO OU NÃO COM REDUÇÃO DA DISPONIBILIDADE DE ÁGUA DO SOLO, APÓS 28 DIAS (EXPERIMENTO I) E 35 DIAS (EXPERIMENTO II) DE CRESCIMENTO.

Gemas	Experimento I - estresse sem murcha aparente.			Experimento II - estresse com murcha aparente.		
	Controle	Menor disponibilidade de água	DMS	Controle	Menor disponibilidade de água	DMS
P ₂	21,72	11,13	5,41	32,60	14,97	12,25
P ₃	23,71	16,82	4,23	47,87	17,54	20,32
P ₄	10,16	9,00	0,85	25,99	13,63	7,35
P ₅	2,36	2,30	0,25	12,31	6,19	2,24
P ₆	0,83	0,81	0,12	1,70	0,99	0,21

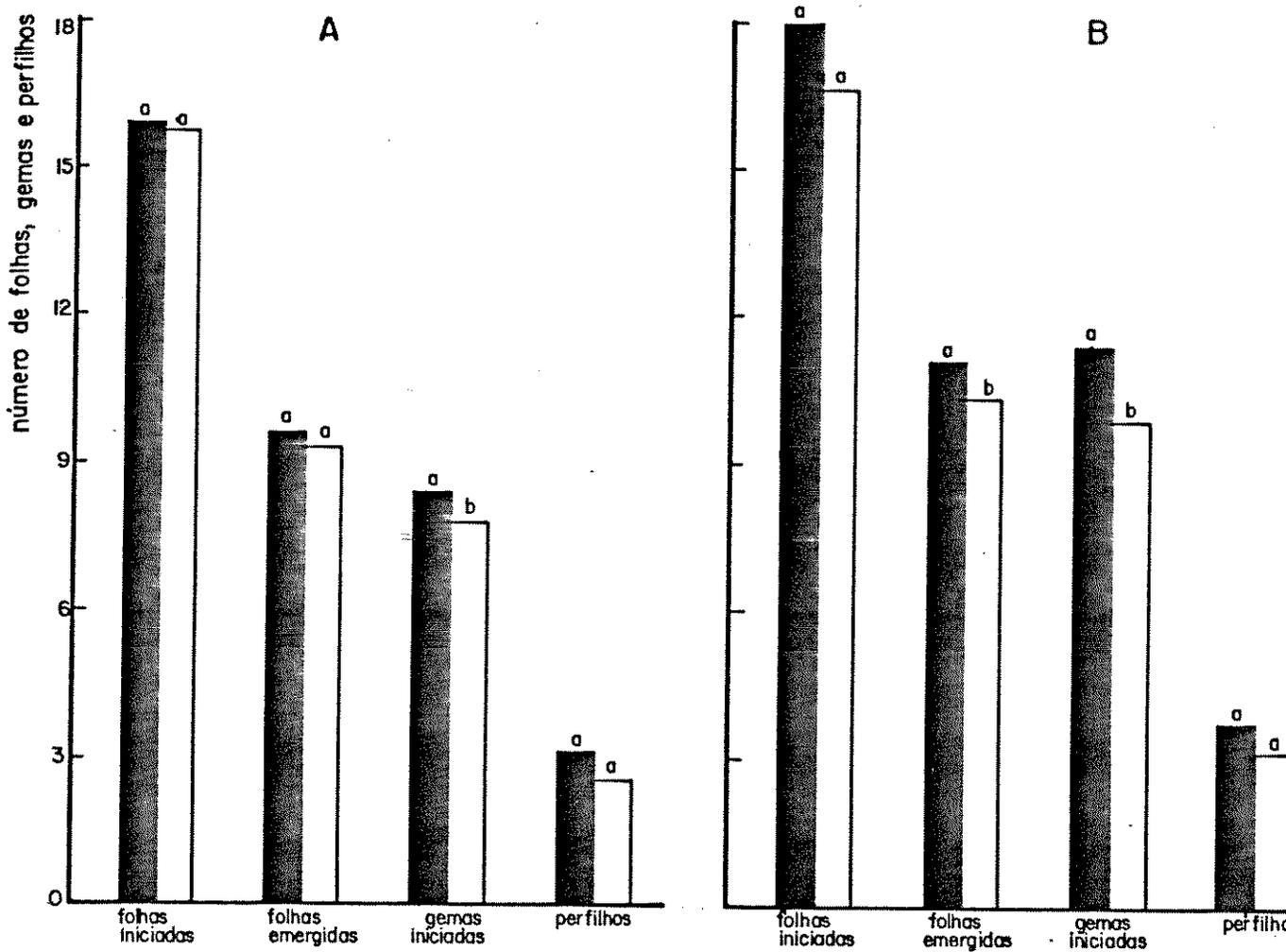


Figura 22 - Número de folhas e gemas iniciadas, folhas emergidas e perfilhos, após o término do experimento, de plantas crescendo com irrigação frequente (controle) ou com menor disponibilidade de água.

- Controle
- Menor disponibilidade de água
- A- Experimento I
- B- Experimento II

2.2 - aumento na disponibilidade de água

O efeito de um aumento na disponibilidade de água para o sistema radicular foi verificado em dois experimentos. Em um deles, as plantas cresceram até o 27º dia (Experimento I), e no outro até o 35º dia (Experimento II). No Experimento I havia um lote de plantas controle e dois lotes de plantas tratadas. Em um dos tratamentos a disponibilidade de água foi aumentada mas não houve saturação do solo e será referido no texto como tratamento A. No outro tratamento as plantas cresceram durante todo o experimento em solo saturado e será referido no texto como tratamento B. No Experimento II havia o controle e um tratamento semelhante ao tratamento A do Experimento I.

Observa-se pela *Figura 23A* que até o 14º dia os tratamentos não afetaram a altura das plantas. A saturação do solo (tratamento B) determinou uma redução significativa na altura total das plantas a partir do 19º dia, até o final do experimento, enquanto a maior disponibilidade de água (tratamento A) reduziu significativamente a altura total das plantas apenas no 19º dia. No Experimento II não houve efeito do tratamento A na altura das plantas (*Figura 23B*).

A altura do eixo principal foi promovida pelo aumento no suprimento de água, sendo esta promoção significativa apenas no tratamento A do experimento I (*Figura 23A e B*).

O peso seco da parte aérea das plantas do Experimento I não foi afetado pela saturação do solo quer no 19º dia (*Figura 24A*), quer no final do experimento (*Figura 24B*). No 27º dia o tratamento A promoveu o acúmulo de matéria seca tanto na parte aérea sem considerar os perfilhos como nos perfilhos (*Figura 24B*). Nas plantas que cresceram até o 35º dia (*Figura 24C*) o peso seco da parte aérea, analisado separadamente do peso seco dos perfilhos não foi afetado significativamente pelo tratamento A, mas o peso seco dos perfilhos foi promovido pela maior disponibilidade de água. Isto refletiu no peso seco total da parte aérea que também foi promovido pela maior dispo

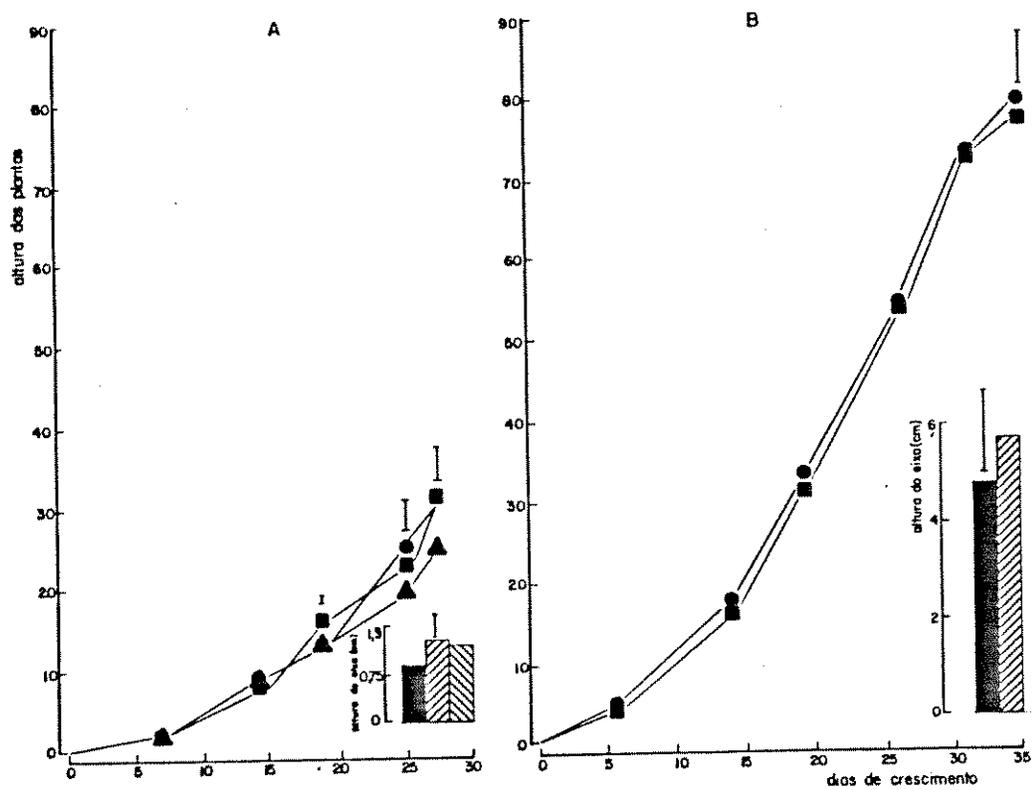


Figura 23 - Altura das plantas, durante os períodos de crescimento, e do eixo principal, após o término do experimento, de plantas crescendo com irrigação controle, ou com maior disponibilidade de água no solo.

- Controle
- Maior disponibilidade de água sem saturação (tratamento A)
- ▲ Maior disponibilidade de água com saturação (tratamento B)

A - Experimento I

B - Experimento II

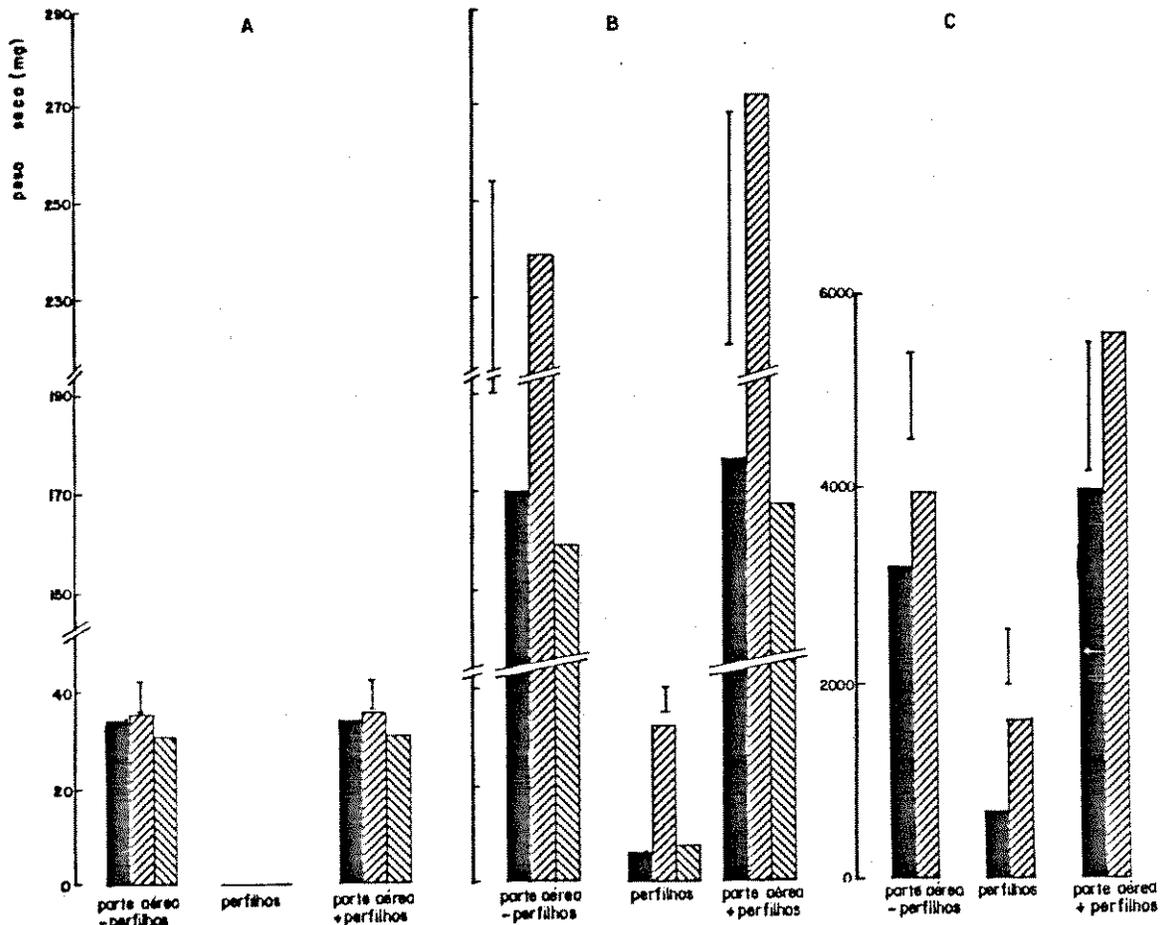


Figura 24 - Peso seco, após o término do experimento, de plantas crescendo com irrigação frequente (controle) ou com maior disponibilidade de água no solo

- Controle
- ▨ Maior disponibilidade de água sem saturação (tratamento A)
- ▩ Maior disponibilidade de água com saturação (tratamento B)

- A- Experimento I (após 19 dias de crescimento)
- B- Experimento I (após 27 dias de crescimento)
- C- Experimento II

nibilidade de água.

O número de folhas, gemas e perfilhos é mostrado na *Figura 25*. A iniciação de folhas foi promovida no Experimento I pelo tratamento A nos dias 19 e 27, enquanto o tratamento B não foi efetivo (*Figura 25A e B*). O número de folhas iniciadas no dia 19 foi igual a 8,0 nas plantas controle, 8,6 nas plantas do tratamento A e 8,3 nas plantas do tratamento B. No dia 27 estes números aumentaram na mesma proporção nos dois tratamentos em relação ao controle, com as plantas controle apresentando 11,3 folhas iniciadas, enquanto as plantas tratadas estavam com 11,9 e 11,6 no tratamento A e B respectivamente.

O aumento na disponibilidade de água não afetou a emergência de folhas no 19º dia (*Figura 25A*), sendo igual a 4,0 nas plantas controle e do tratamento A e 3,9 nas plantas do tratamento B. Entretanto, a emergência de folhas foi promovida no 27º dia pelos dois tratamentos (*Figura 25B*). No controle, o número de folhas emergidas foi igual a 6,0 enquanto as plantas do tratamento A apresentaram 7,0 e as do tratamento B 6,6 folhas emergidas.

A iniciação de gemas foi promovida pelo tratamento A no 19º e 27º dia (*Figura 25A e B*) e pelo tratamento B apenas no 27º dia. O número de gemas iniciadas no 19º dia foi 2,6 no controle, 3,0 no tratamento A e 2,9 no tratamento B. Estes números, no 27º dia, aumentaram para 4,9 no controle, 5,8 no tratamento A e 5,5 no tratamento B.

A emergência de perfilhos (*Figura 25A e B*), que não havia sido iniciada no 19º dia, foi promovida por ambos os tratamentos no final do experimento. Observou-se apenas 0,4 perfilhos nas plantas controle, enquanto as plantas do tratamento A e B apresentaram 1,8 e 1,3 perfilhos respectivamente.

No Experimento II, em que as plantas controle cresceram até o 35º dia, a maior disponibilidade de água (tratamen

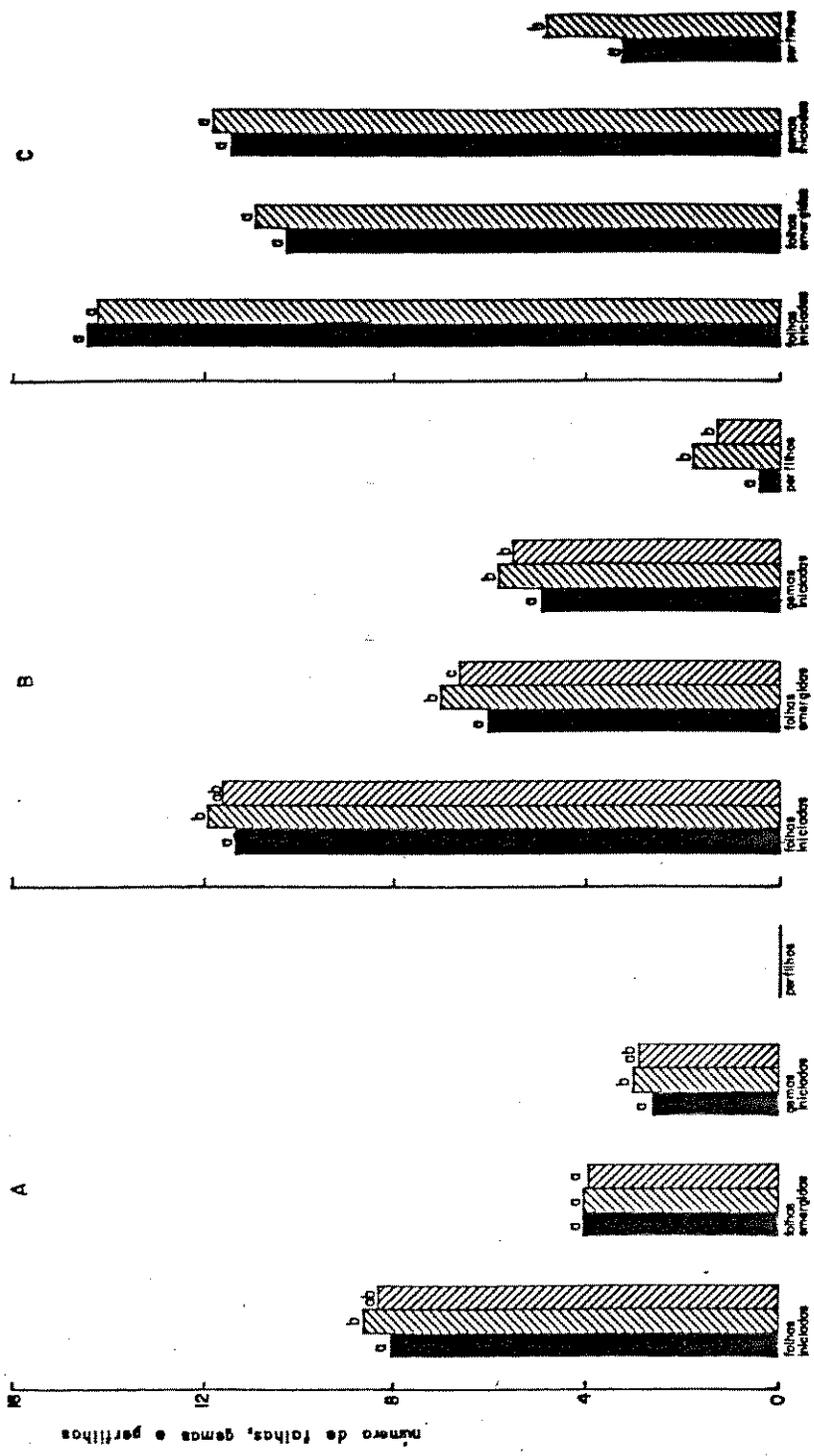


Figura 25 - Número de folhas e gemas iniciadas, folhas emergidas e perfilhos após o término do experimento, de plantas crescendo com irrigação frequente (controle) ou com maior disponibilidade de água no solo.

- Controle
- ▨ Maior disponibilidade de água sem saturação (tratamento A)
- ▩ Maior disponibilidade de água com saturação (tratamento B)
- A - Experimento I (após 19 dias de crescimento)
- B - Experimento I (após 27 dias de crescimento)
- C - Experimento II

to A) não afetou a iniciação e emergência de folhas, assim como a iniciação de gemas axilares, mas promoveu a emergência de perfilhos (*Figura 25C*). Neste experimento, o número de folhas iniciadas nas plantas controle foi igual a 14,4; as plantas tratadas apresentavam 14,2 folhas iniciadas e o número de folhas emergidas foi de 11,2 e 11,9 nas plantas controle e tratadas respectivamente. No 35º dia as plantas controle apresentaram 12,4 gemas axilares iniciadas e as plantas que cresceram com maior disponibilidade de água apresentaram 12,8 gemas axilares.

O número de perfilhos emergidos em diferentes idades mostrado na *Figura 26* indica que a maior disponibilidade de água (Tratamento A) promoveu o perfilhamento desde o seu início, embora no segundo experimento este efeito tenha sido significativo apenas a partir do 30º dia. A promoção do perfilhamento pela saturação do solo com água (Tratamento B) foi significativa durante todo experimento. No 35º dia (*Figura 25C e 26B*), também o tratamento com maior disponibilidade de água aumentou o número de perfilhos, que foi igual a 4,8 em relação às plantas controle que apresentaram 3,1 perfilhos por planta.

O efeito da maior disponibilidade de água sem saturação do solo observado no 19º dia foi de promover a iniciação de folhas e gemas axilares enquanto os demais parâmetros analisados não foram afetados. No 27º dia, este tratamento somente não exerceu efeito na altura total da planta e do eixo principal, entretando promoveu o acúmulo de matéria seca, a iniciação e emergência de folhas e gemas axilares. No 35º dia, o efeito promotor da maior disponibilidade de água sem saturação do solo foi observado apenas nos parâmetros relacionados à dominância apical das plantas de sorgo, ou seja, o tratamento promoveu o perfilhamento tendo promovido o acúmulo de matéria seca nos perfilhos, mas não teve efeito nos outros parâmetros de crescimento analisados. Maior disponibilidade de água, com saturação do solo, também promoveu o perfilhamento, iniciação de gemas axilares e emergência de folhas no 27º dia, mas não exerceu efeito na iniciação de folhas. Este tratamento também

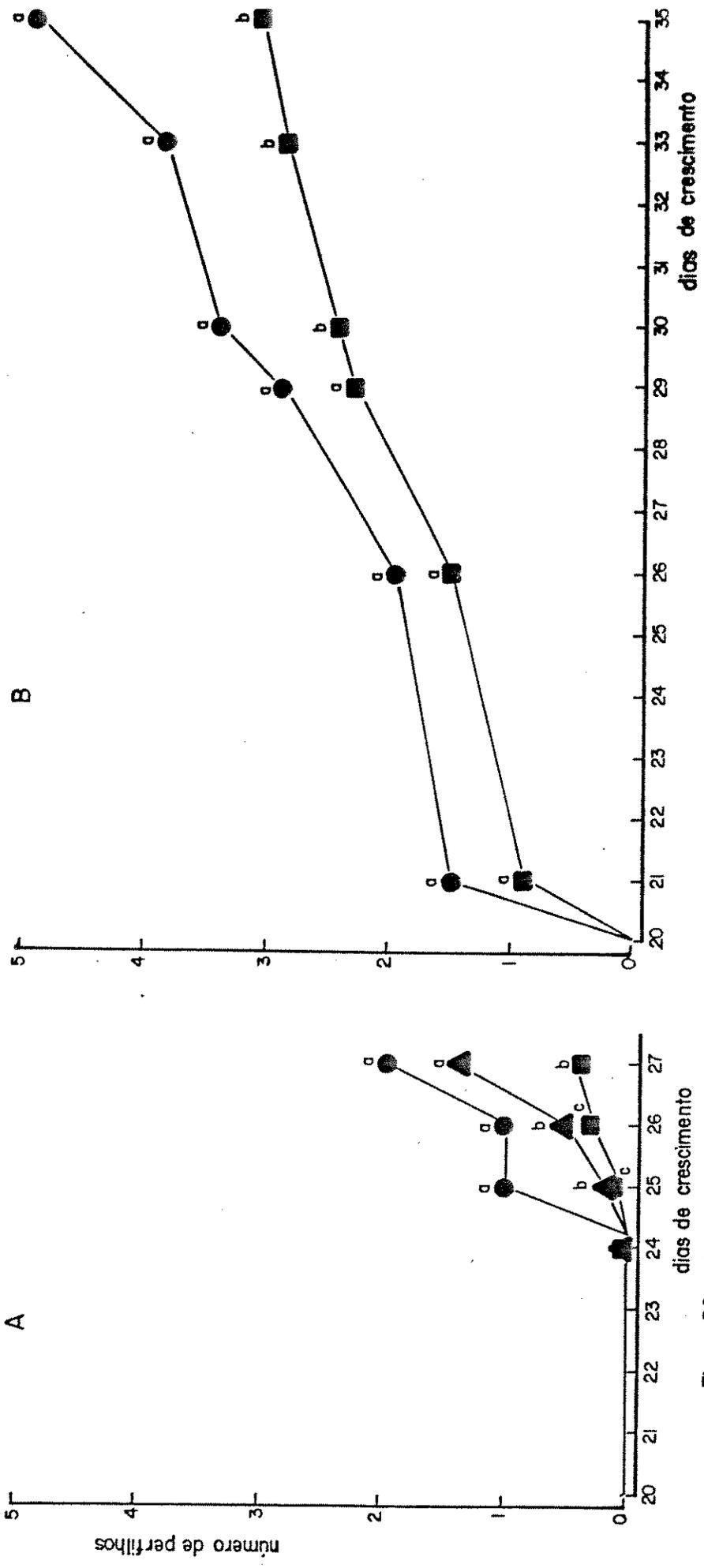


Figura 26- Número de perfilhos durante o período de crescimento de plantas, crescendo com irrigação frequente (controle) ou com maior disponibilidade de água no solo.

- Controle
- Maior disponibilidade de água sem saturação (tratamento A)
- ▲ Maior disponibilidade de água com saturação (tratamento B)
- A- Experimento I
- B- Experimento II

não afetou a altura do eixo principal e o acúmulo de matéria seca nos perfilhos, entretanto, reduziu a altura da planta.

3. EFEITO DO FOTOPERÍODO

Para se testar o efeito da duração dos períodos de claro e escuro sobre o desenvolvimento das plantas de sorgo, dois experimentos foram realizados nos quais um lote de plantas foi mantido em condições fotoperiódicas naturais e outro sob fotoperíodo de 18h.

Plantas crescidas sob condições naturais de iluminação no período de setembro a outubro (Experimento I) atingiram cerca de 53,0cm de altura total após 35 dias de crescimento (*Figura 27A*), enquanto as plantas crescidas de junho a setembro (Experimento II) atingiram esta altura somente após 77 dias (*Figura 27B*).

A *Figura 27* mostra que as plantas que cresceram com período adicional de iluminação tiveram altura inferior à das que cresceram em condições naturais de iluminação. Esta diferença pode ser observada a partir do 21º dia na *Figura 27A* e a partir do 45º dia na *Figura 27B*.

Observou-se que no 77º dia de crescimento o ápice do eixo principal de 50% das plantas que cresceram em condições naturais de iluminação havia sido induzido para floração. Nas plantas que cresceram com período adicional de iluminação não houve iniciação floral. A redução na altura do eixo, pelo fotoperíodo de 18h, não foi significativa (*Figura 27B*).

O peso seco da parte aérea de plantas do Experimento II, no 24º dia, não diferiu entre os tratamentos (*Figura 28A*). Observa-se pela *Figura 28B* que no 77º dia as plantas que cresceram sob fotoperíodo de 18h tiveram o peso seco da parte aérea, sem considerar os perfilhos, reduzido. Observa-se também que este tratamento promoveu o acúmulo de matéria seca nos perfilhos e que este aumento no peso seco dos perfilhos refletiu

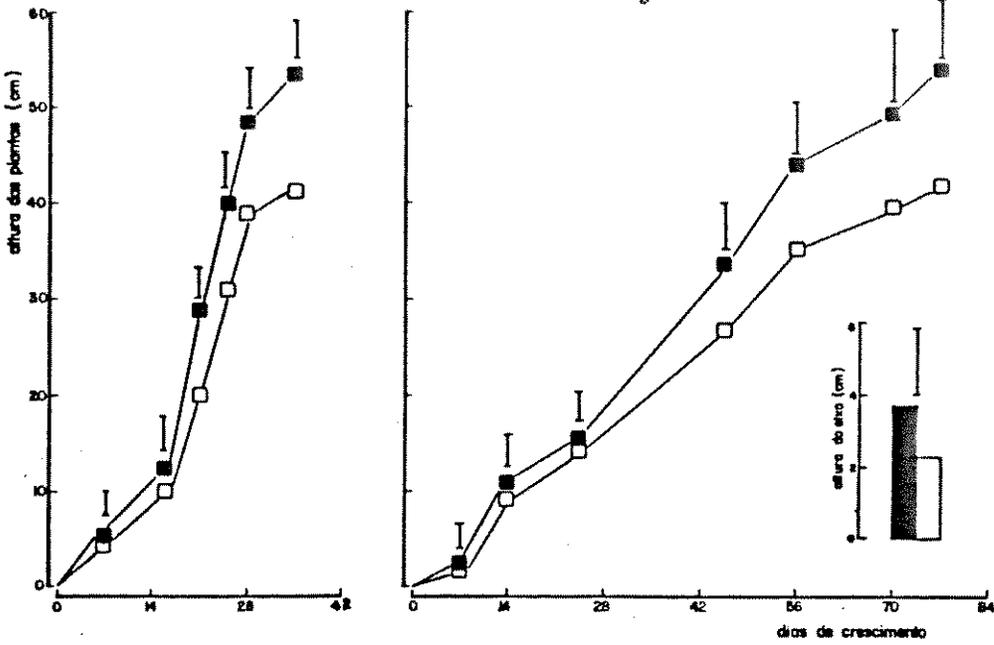


Figura 27 - Altura das plantas, durante o período de crescimento analisado, e do eixo principal, após o término do experimento, de plantas crescendo em condições ambientais ou com período adicional de iluminação.

- Fotoperíodo natural
- Fotoperíodo de 18 horas
- A- Experimento I
- B- Experimento II

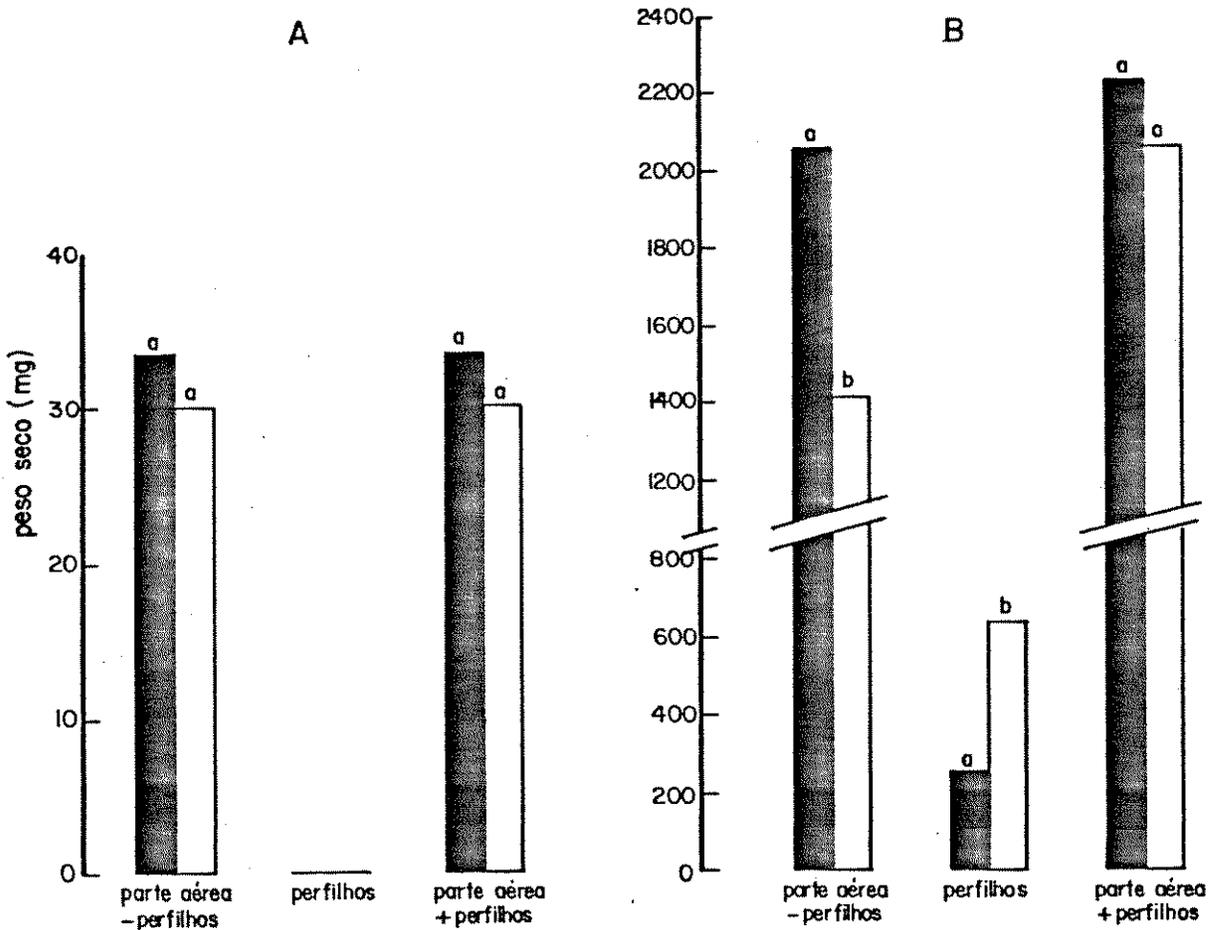


Figura 28 - Peso seco de plantas, crescendo em condições ambientais ou com período adicional de iluminação.

- Fotoperíodo natural
- Fotoperíodo de 18 horas
- A- Experimento II (após 24 dias de crescimento)
- B- Experimento II (após 77 dias de crescimento)

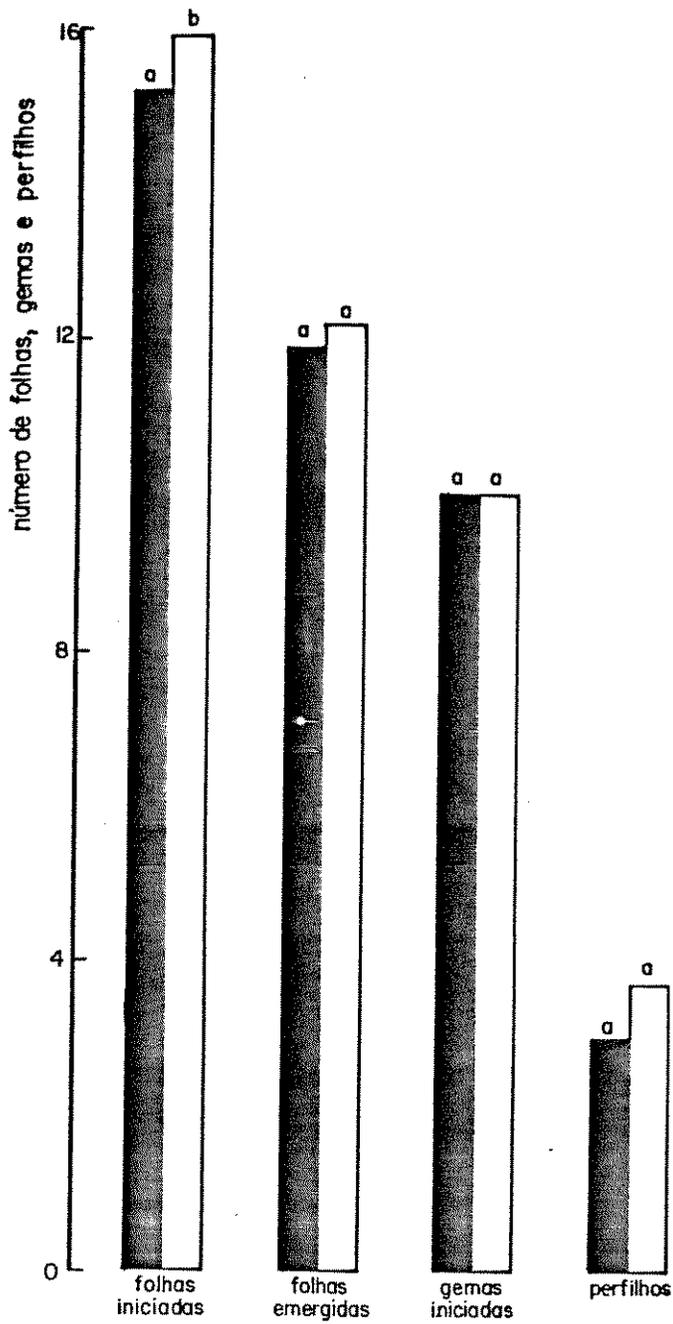


Figura 29 – Número de folhas e gemas iniciadas, folhas emergidas e perfilhos, após 77 dias, de plantas crescendo em condições ambientais ou com período adicional de iluminação, (Experimento II)

 Fotoperíodo natural
 Fotoperíodo de 18 horas

no peso seco total da parte, pois quanto a este parâmetro, os tratamentos não diferiram entre si.

A iniciação de folhas no Experimento II (*Figura 29*) foi significativamente maior nas plantas crescidas sob fotoperíodo de 18h. Nestas, o número de folhas iniciadas após 77 dias foi igual a 15,9 enquanto nas plantas crescidas em condições naturais de fotoperíodo este número foi igual a 15,2 folhas iniciadas.

Período adicional de iluminação não afetou a iniciação de gemas e nem a emergência de folhas (*Figura 29*). O número de gemas iniciadas no final do período de crescimento foi igual a 10,0 nas duas condições de crescimento e o número de folhas emergidas foi igual a 11,9 para as plantas em condições naturais e 12,2 para as plantas em período adicional de iluminação. O perfilhamento também não foi estatisticamente afetado, embora o número de perfilhos por plantas no 77º dia tenha sido maior nas plantas que cresceram com período adicional de iluminação (3,7), comparado com as que cresceram em condições naturais (2,0).

O número de perfilhos presente durante o período de crescimento é mostrado na *Figura 30*, onde se observa que o aumento no número de perfilhos nas plantas que cresceram sob fotoperíodo mais longo não foi significativo. A *Figura 30* mostra também que durante o período de crescimento o número de folhas emergidas não diferiu entre os tratamentos.

O aumento no comprimento no período de luz inibiu a floração, aumentando o número de folhas iniciadas no eixo principal e reduziu a altura da planta. Este tratamento diminuiu ainda o peso seco da parte aérea relacionado ao eixo principal, aumentando o peso seco dos perfilhos.

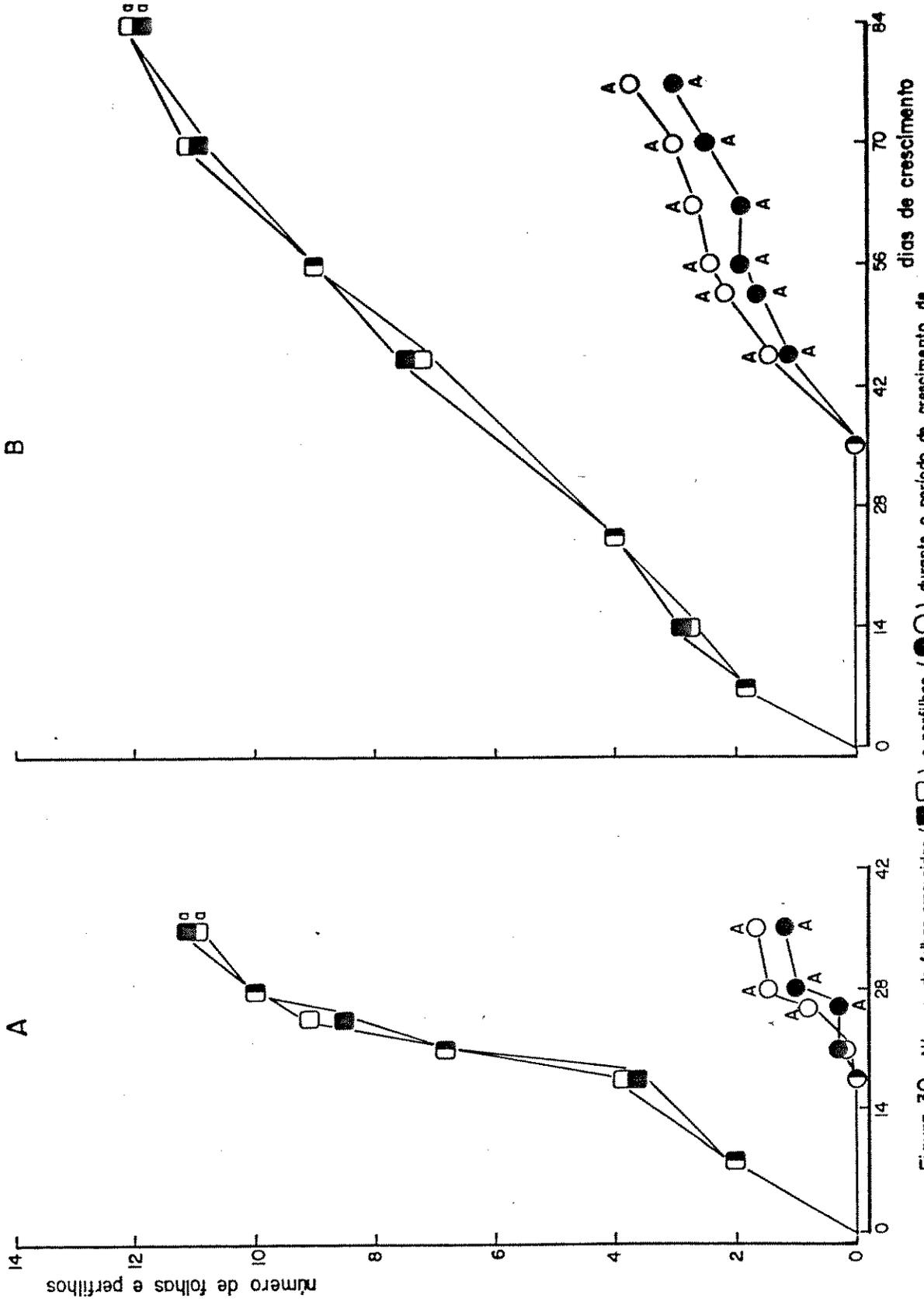


Figura 30 - Número de folhas emergidas (■ □) e perflhos (● ○), durante o período de crescimento, de plantas crescendo em condições ambientais, ou com período adicional de iluminação.

● ○ Foteríodo natural
 ■ □ Foteríodo de 18 horas

A- Experimento I
 B- Experimento II

4. EFEITO DE RAÍZES

A absorção de água e íons inorgânicos e seu transporte para a parte aérea, bem como a síntese de substâncias de crescimento que também se movem para a parte aérea da planta, conferem às raízes um papel de grande importância no desenvolvimento da planta como um todo.

Qualquer alteração do sistema radicular pode afetar o processo de absorção e a síntese e transporte de substâncias da raiz para o caule e vice-versa, podendo alterar processos metabólicos na parte aérea e o desenvolvimento total da planta.

4.1 - remoção da raiz principal ou raízes adventícias

O efeito da remoção de raízes no desenvolvimento de plantas de sorgo foi testado em plantas cultivadas em solução hidropônica, mantendo-se um lote de plantas com seu sistema radicular intacto, um lote com a raiz principal removida e as raízes adventícias intactas e um terceiro lote com a raiz principal intacta e removendo-se todas as raízes adventícias que estavam presentes no dia da montagem do experimento e as que surgiram durante o experimento.

A altura das plantas, que atingiu 16,3cm no controle, após 20 dias de crescimento (*Figura 31*), foi reduzida tanto pela remoção da raiz principal como das raízes adventícias. A altura do eixo principal não foi afetada por nenhum dos dois tratamentos.

Na *Figura 32* observa-se que o peso seco tanto da parte aérea, que foi 57,5mg no controle, como do sistema radicular, que foi 29,3mg no controle, foi diminuído quando as plantas tiveram suas raízes parcialmente removidas.

No 20º dia do experimento as plantas com sistema radicular intacto possuíam uma média de 9,4 folhas iniciadas; 5,1

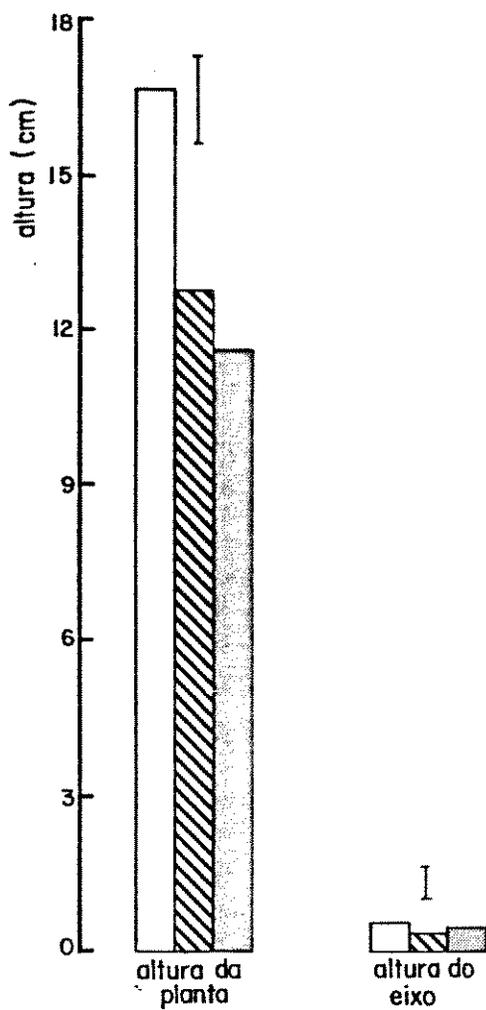
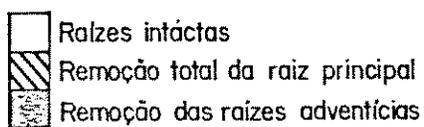


Figura 31 - Altura da planta e do eixo principal após 20 dias de crescimento em solução hidropônica. Plantas com sistema radicular intacto ou remoção total da raiz principal ou remoção de todas adventícias.



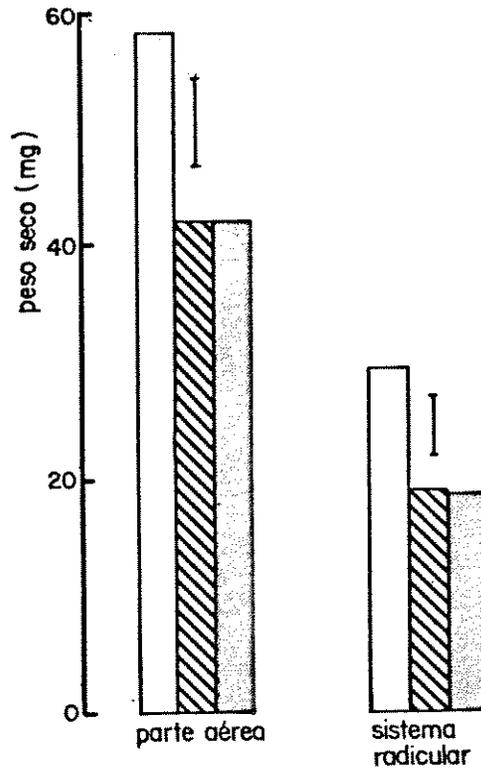
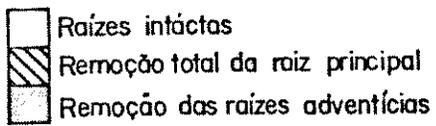


Figura 32- Peso seco de plantas após 20 dias de crescimento em solução hidropônica. Plantas com sistema radicular intacto, ou remoção total da raiz principal ou remoção de todas adventícias.



gemas laterais iniciadas e 5,3 folhas emergidas, não apresentando perfilhos emergidos (dados não apresentados graficamente). Nenhum destes parâmetros foi afetado significativamente pelos tratamentos de remoção de parte do sistema radicular.

4.2 - remoção parcial da raiz principal

Após ter sido observado que remoção da raiz principal assim como de todas as adventícias afetou fortemente a altura e o peso seco, sem entretanto, ter exercido efeito nos demais parâmetros analisados, testou-se o efeito de uma remoção parcial da raiz principal, mantendo-se 1,0cm basal e mantendo-se também as raízes adventícias. Dois experimentos foram montados tendo um a duração de 20 dias (Experimento I) e outro de 21 dias (Experimento II). No Experimento I as plantas cresceram no período de 24 de junho a 13 de julho e no Experimento II o período de crescimento foi de 05 a 25 de agosto.

Observa-se pela *Figura 33* que no Experimento I a remoção da raiz principal não afetou significativamente a altura nem das plantas nem do eixo principal em relação ao seu controle. No Experimento II houve redução na altura tanto do eixo principal como da planta, quando estas tiveram seu sistema radicular parcialmente removido.

O peso seco da parte aérea das plantas controle atingiu no Experimento I cerca de 58,0mg e do sistema radicular cerca de 29,0mg no 20º dia. Neste dia as plantas tratadas apresentavam o peso seco da parte aérea igual a 44,0mg e do sistema radicular igual a 24,0mg, mas as reduções provocadas em peso seco pela remoção parcial do sistema radicular não foram significativa (*Figura 34*). No Experimento II o peso seco da parte aérea das plantas controle atingiu 147,0mg e foi reduzido significativamente pela remoção parcial do sistema radicular. Nestas plantas, o restante do sistema radicular principal teve também seu peso reduzido significativamente pelo tratamento. O aumento em peso nas raízes adventícias não foi significativo; assim, quando se analisou o peso seco de todo o sistema radicular, observou-se que a redução no peso causada pelo

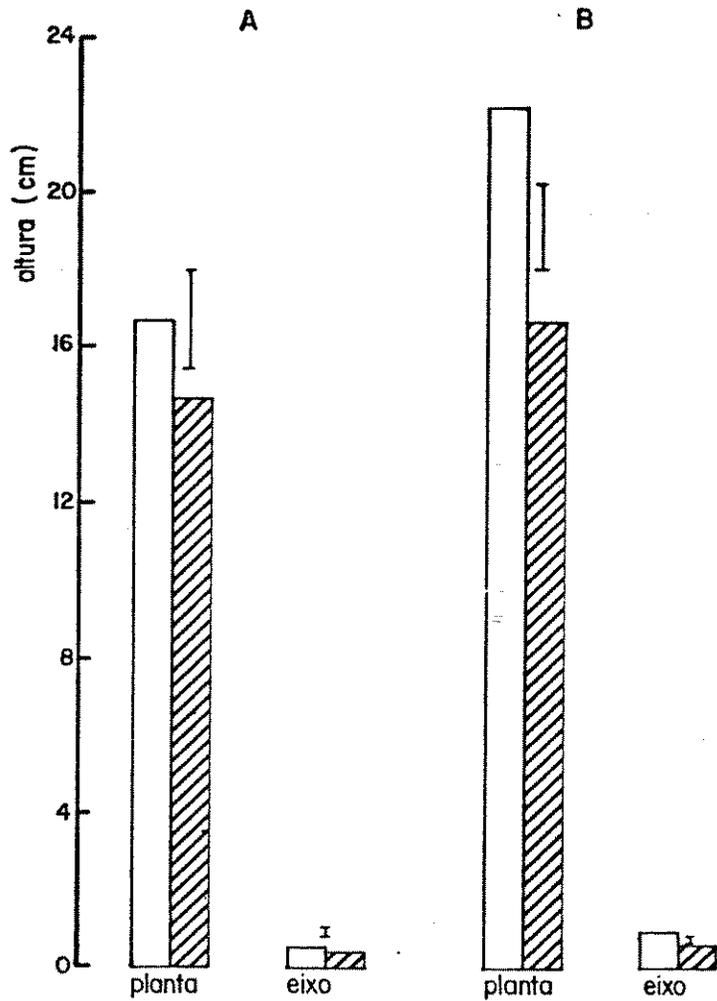


Figura 33 - Altura das plantas e do eixo principal após 20 (Experimento I) e 21 dias (Experimento II) de crescimento em solução hidroponica. Plantas com sistema radicular intacto ou remoção parcial da raiz principal.

□ Raízes intáctas
 ▨ Remoção parcial da raiz principal

A - Experimento I
 B - Experimento II

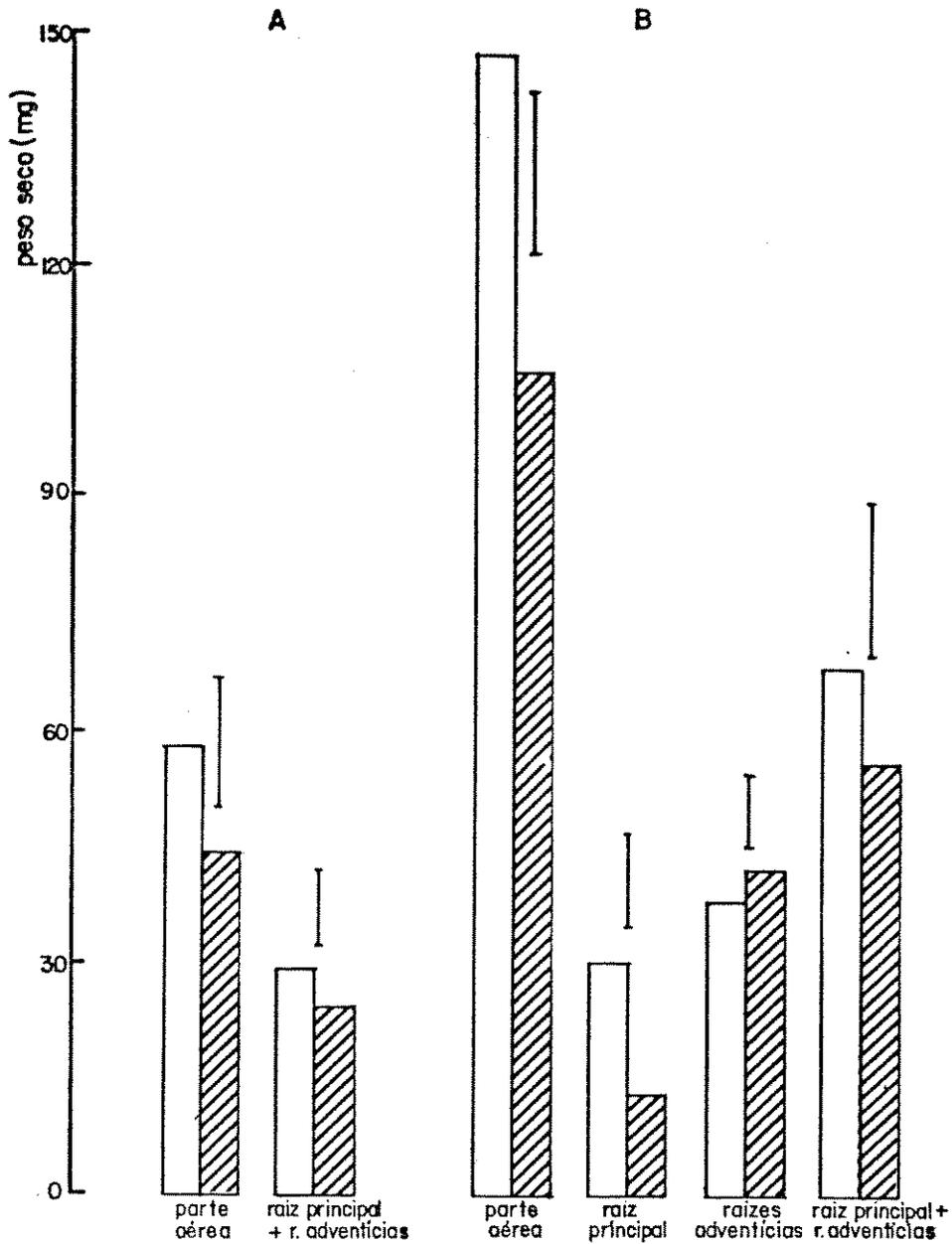


Figura 34 – Peso seco de plantas após 20 (Experimento I) e 21 dias (Experimento II) de crescimento em solução hidropônica. Plantas com sistema radicular intacto ou remoção parcial da raiz principal

□ Raízes intactas
 ▨ Remoção parcial da raiz principal

A – Experimento I

B – Experimento II

tratamento não foi significativa.

Remoção parcial da raiz principal não afetou a iniciação de folhas ou gemas, nem a emergência de folhas (*Figura 35*). Quanto ao perfilhamento, as plantas controle de ambos os experimentos produziram perfilhos, sendo 0,4 por planta no Experimento I e 1,7 por planta no Experimento II. No primeiro experimento o tratamento inibiu total, embora não significativamente, e no segundo reduziu significativamente a emergência de perfilhos.

O efeito da remoção parcial da raiz no perfilhamento pode também ser observado nas *Tabelas 6 e 7*. A *Tabela 6* mostra a porcentagem de plantas que apresentaram P_2 e P_3 (perfilhos formados pelas gemas axilares da 2^a e 3^a folhas respectivamente); no Experimento I apenas as plantas com sistema radicular intacto apresentavam P_2 que estavam presente em 30% destas. No Experimento II não se observou diferença na porcentagem de plantas que apresentaram P_2 , pois 100% das plantas controle e tratadas já mostravam este perfilho, mas a porcentagem de plantas que apresentavam P_3 foi reduzida de 70% para 20% pela remoção de raízes.

Na *Tabela 7* observa-se que a remoção parcial da raiz principal reduziu significativamente o comprimento das gemas axilares que já haviam entrado em fase de rápido crescimento, pois somente P_3 (nas plantas do Experimento I) que ainda não havia iniciado a emergência, não teve seu comprimento reduzido significativamente pelo tratamento de remoção de raiz.

4.3 - remoção parcial da raiz principal e adventícia

Para se testar o efeito de raízes adventícias no desenvolvimento das plantas, o sistema radicular principal foi removido mantendo-se apenas 1,0cm basal. Estas plantas foram separadas em dois lotes. O primeiro foi mantido com seis raízes

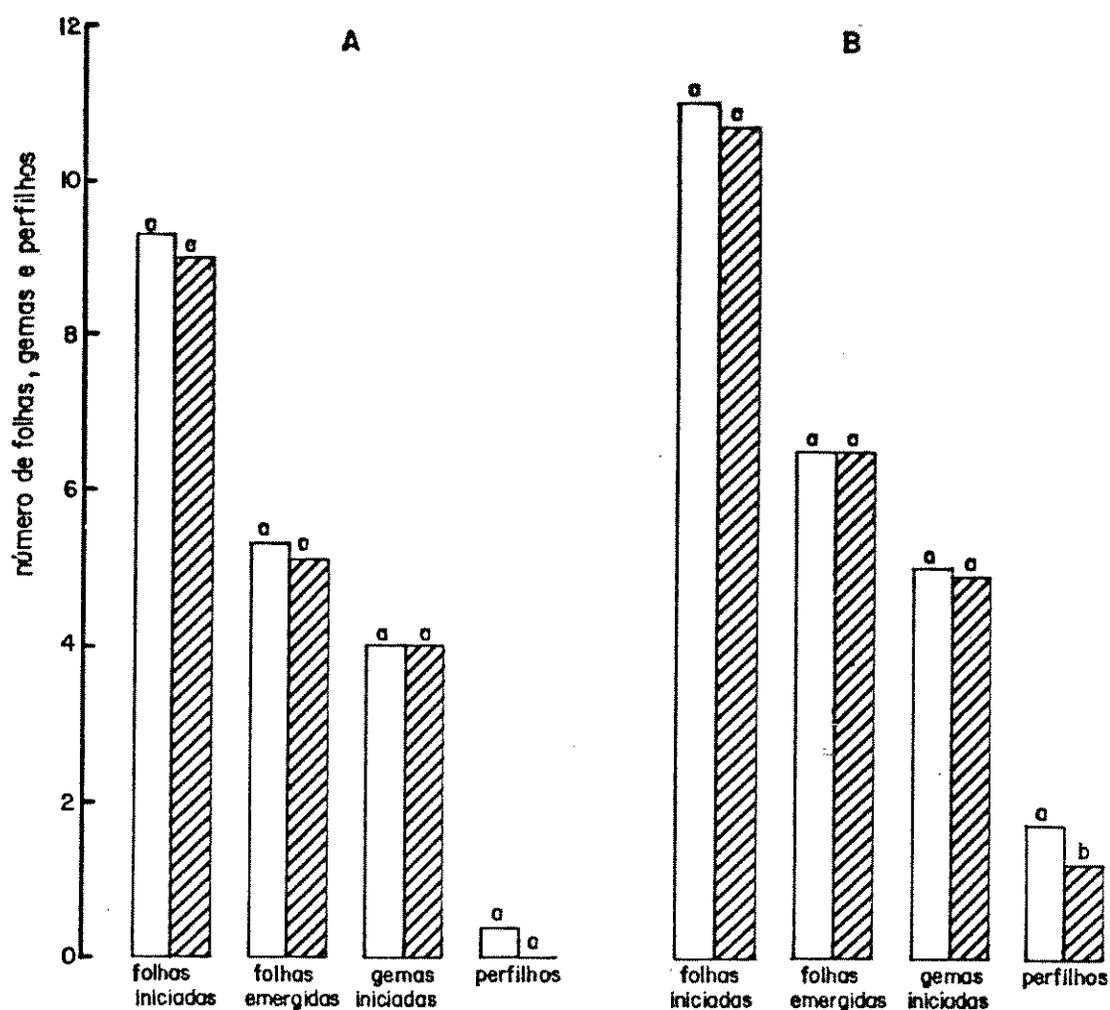


Figura 35 - Número de folhas e gemas iniciadas, folhas emergidas e perfilhos de plantas após 20 (Experimento I) e 21 dias (Experimento II) de crescimento em solução hidropônica. Plantas com sistema radicular intacto ou remoção parcial da raiz principal.

 Raízes intactas
 Remoção parcial da raiz principal

A - Experimento I

B - Experimento II

Tabela 6 - PORCENTAGEM DE PLANTAS QUE APRESENTARAM OS PERFILHOS DA SEGUNDA E TERCEIRA FOLHAS EMERGIDOS, APÓS 20 DIAS (Experimento I) E 21 DIAS (Experimento II) DE CRESCIMENTO EM SOLUÇÃO HIDROPÔNICA. PLANTAS COM SISTEMA RADICULAR INTACTO OU REMOÇÃO PARCIAL DA RAIZ PRINCIPAL.

Tratamento Gema	Experimento I		Experimento II	
	Raízes intactas	Remoção Parcial da Raiz principal	Raízes intactas	Remoção Parcial da Raiz principal
P ₂	30	0	100	100
P ₃	0	0	70	20

Tabela 7 - COMPRIMENTO (mm) DAS GEMAS AXILARES E PERFILHOS DA SEGUNDA E TERCEIRA FOLHAS, APÓS 20 DIAS (EXPERIMENTO I) E 21 DIAS (EXPERIMENTO II) DE CRESCIMENTO EM SOLUÇÃO HI DROFÔNICA. PLANTAS COM SISTEMA RADICULAR INTACTO OU REMOÇÃO PARCIAL DA RAIZ PRINCIPAL.

Tratamento	EXPERIMENTO I			EXPERIMENTO II		
	Raizes Intactas	Remoção parcial da raiz principal	DMS	Raizes Intactas	Remoção parcial da raiz principal.	DMS
P ₂	13,39	4,24	1,75	51,30	41,40	2,01
P ₃	2,80	2,03	0,92	31,10	1,82	1,82

adventícias e o segundo com três raízes adventícias. As raízes adventícias que surgiram acima destes números foram removidas.

A *Figura 36* mostra que menor número de raízes adventícias diminuiu a altura da planta, não afetando a altura do eixo principal. Quanto ao crescimento dos perfilhos (*Figura 36*) observou-se que P_2 teve sua altura reduzida significativamente pela redução no número de raízes adventícias e a redução na altura de P_3 não foi significativa.

O peso seco da parte aérea e das raízes (*Figura 37*) foi significativamente menor nas plantas com menor número de raízes.

O número de folhas e gemas iniciadas e o número de folhas emergidas (*Figura 38*) não foram afetados pela redução no número de raízes adventícias, mas a emergência de perfilhos foi reduzida. Observou-se que o número de plantas que apresentavam emergência de P_2 não foi afetado, mas o de P_3 foi bastante reduzido (*Tabela 8*).

5. EFEITO DE REGULADORES DE CRESCIMENTO

Aplicações exógenas de substâncias de crescimento têm sido um recurso largamente utilizado como auxiliar no fornecimento de bases para compreensão do controle endógeno do desenvolvimento das plantas.

Citocininas e giberelinas endógenas são dois grupos de substâncias de crescimento envolvidos no controle da dominância apical em gramíneas (Capítulo I), que foram aplicados exógenamente às plantas de sorgo. Foi ainda testado o efeito da redução no nível endógeno de giberelinas através do uso de um inibidor de sua síntese.

5.1 - citocinina

Foi verificado o efeito de uma citocinina sintética,

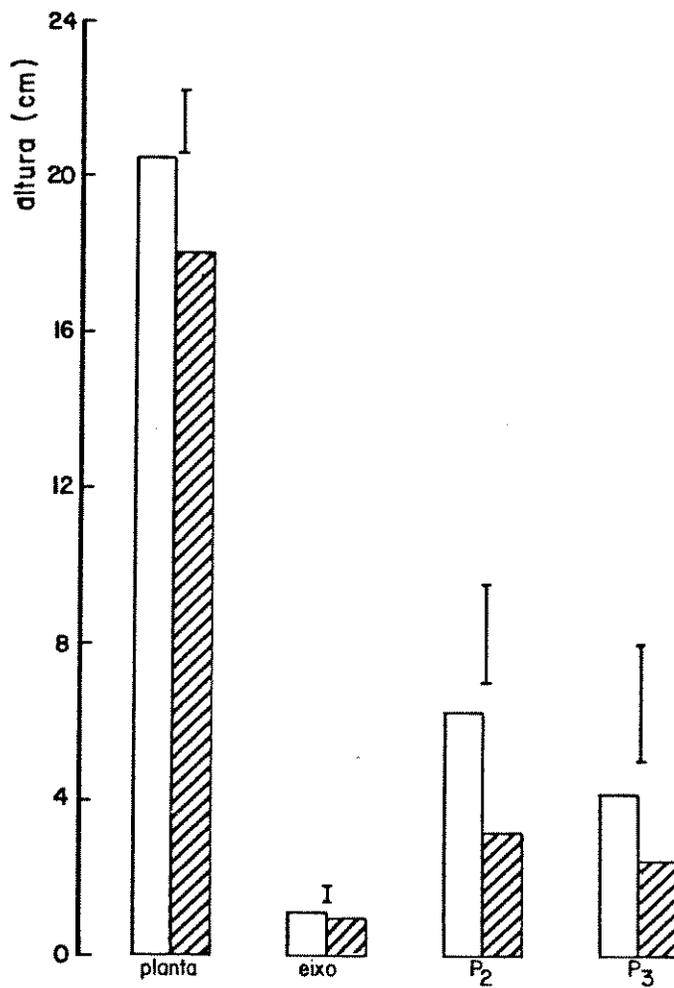
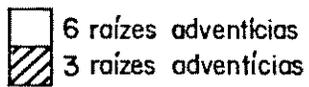


Figura 36 – Altura de plantas, do eixo principal e das gemas laterais da segunda e terceira folha, após 23 dias de crescimento em solução hidropônica. Plantas com sistema radicular parcialmente removido, nas quais foram mantidas 6 ou 3 raízes adventícias.



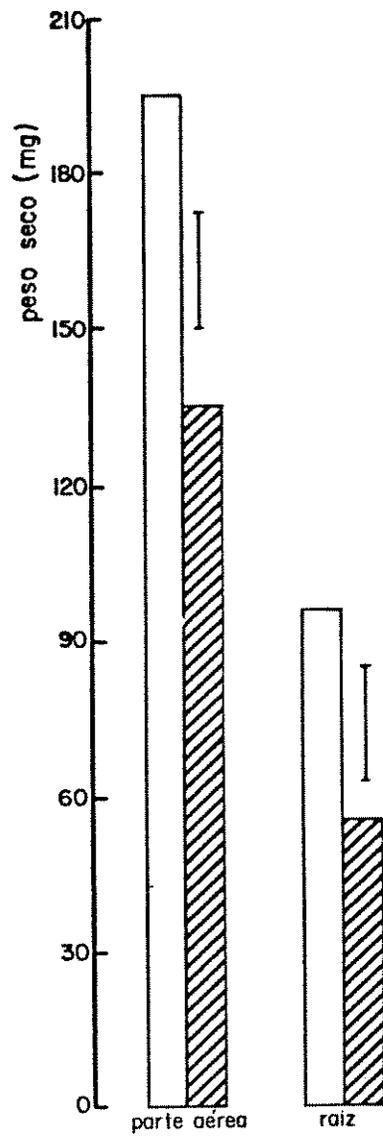


Figura 37 - Peso seco de plantas após 23 dias de crescimento em solução hidropônica. Plantas com sistema radicular principal parcialmente removido, nas quais foram mantidas 6 ou 3 raízes adventícias.

□ 6 raízes adventícias
▨ 3 raízes adventícias

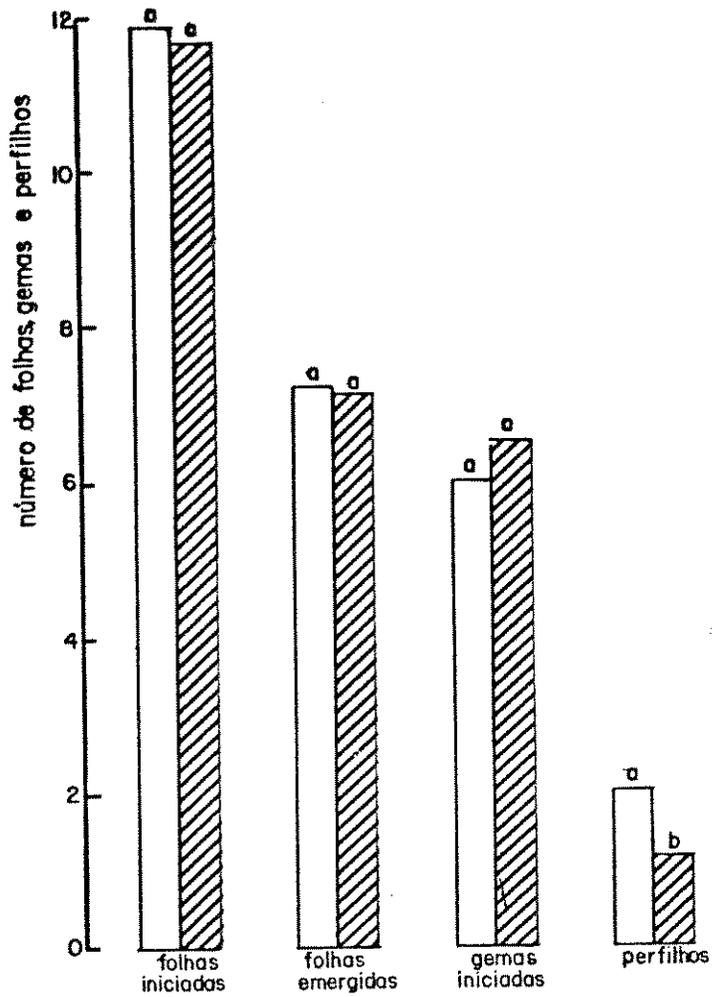


Figura 38- Número de folhas e gemas iniciadas, folhas emergidas e perfilhos de plantas após 23 dias de crescimento em solução hidropônica. Plantas com sistema radicular principal, parcialmente removido, nas quais foram mantidas 6 ou 3 raízes adventícias.

 6 raízes adventícias
 3 raízes adventícias

Tabela 8 - PORCENTAGEM DE PLANTAS QUE APRESENTARAM OS PERFILHOS DA SEGUNDA E TERCEIRA FOLHAS EMERGIDOS, APÓS 23 DIAS DE CRESCIMENTO EM SOLUÇÃO HIDROPÔNICA. PLANTAS COM A RAIZ PRINCIPAL PARCIALMENTE REMOVIDA, NAS QUAIS FORAM MANTIDAS 6 OU 3 RAÍZES ADVENTÍCIAS.

Tratamento Gemas	6 Raízes adventícias	3 raízes adventícias
P ₂	100	100
P ₃	100	20

a 6-benzilaminopurina (6BA) nas concentrações de $10^{-5}M$ e $10^{-4}M$ aplicada por quatro horas, através das raízes. As plantas cresceram durante 35 dias em vermiculita.

Observa-se pela *Figura 39* que até o 15º dia de crescimento os tratamentos não tiveram efeito na altura das plantas. Do 23º ao 35º dia as plantas tratadas com 6BA tiveram sua altura diminuída, sendo a inibição do crescimento maior com a maior concentração. A altura do eixo principal foi também inibida pelo 6BA no 35º dia.

O peso seco no 35º dia (*Figura 40*) foi menor nas plantas tratadas com 6BA. Tanto para a parte aérea, considerando ou não os perfilhos, como para os perfilhos e sistema radicular, a inibição foi maior com aumento na concentração de 6BA.

A iniciação de folhas e gemas axilares e a emergência de folhas (*Figura 41*) não foram modificadas pelos tratamentos. O número de folhas iniciadas até o 35º dia foi 14,0 para as plantas controle; o de gemas iniciadas foi 6,0 e o de folhas e mergidas foi 8,5. Entretanto, os tratamentos com 6BA reduziram significativamente o número de perfilhos por planta, que foi 2,9 nas plantas controle, 1,5 nas plantas tratadas com 6BA $10^{-5}M$ e 1,0 nas plantas tratadas com 6BA $10^{-4}M$. A redução de 1,5 para 1,0 perfilho por planta com aumento na concentração do 6BA não foi significativa (*Figura 41*).

A *Figura 42* mostra que a emergência de folhas também não diferiu do controle durante o período de crescimento e que o perfilhamento teve início no 29º dia de crescimento nas plantas controle e tratadas com 6BA $10^{-4}M$. Nas plantas tratadas com 6BA $10^{-5}M$ o perfilhamento iniciou no 31º dia. No 33º e 35º dia as plantas tratadas apresentaram menor número de perfilhos que as controle.

A altura das gemas de perfilhos (ou de perfilhos) é mostrada na *Tabela 9*. Observa-se que P_2 , P_3 e P_4 tiveram sua altura reduzidas pelos tratamentos com 6BA. Para as gemas P_3 e

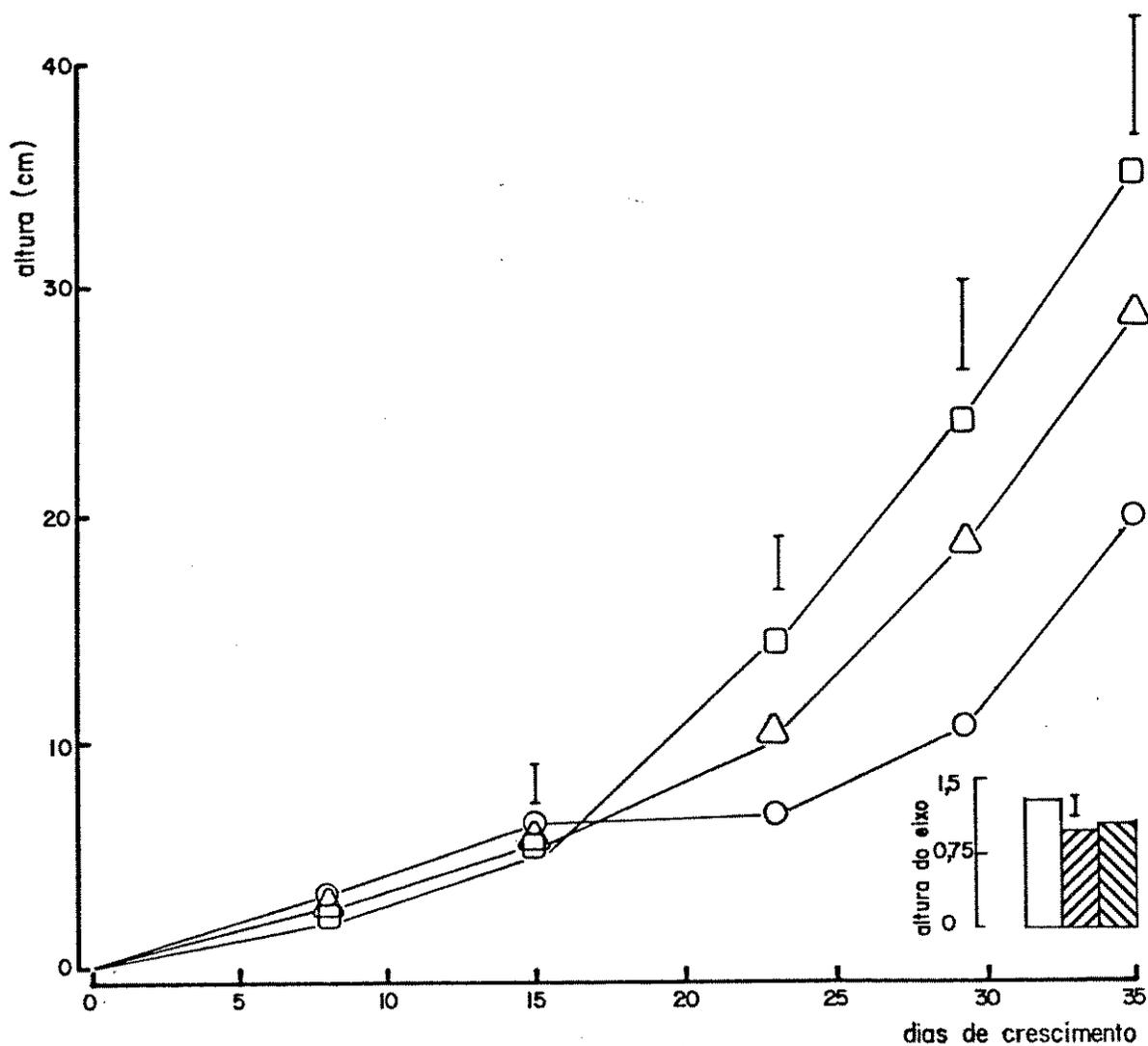
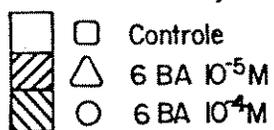


Figura 39 - Altura das plantas, durante o período de crescimento e do eixo, após 35 dias de crescimento, de plantas tratadas ou não com 6 BA 10^{-5} M ou 10^{-4} M.



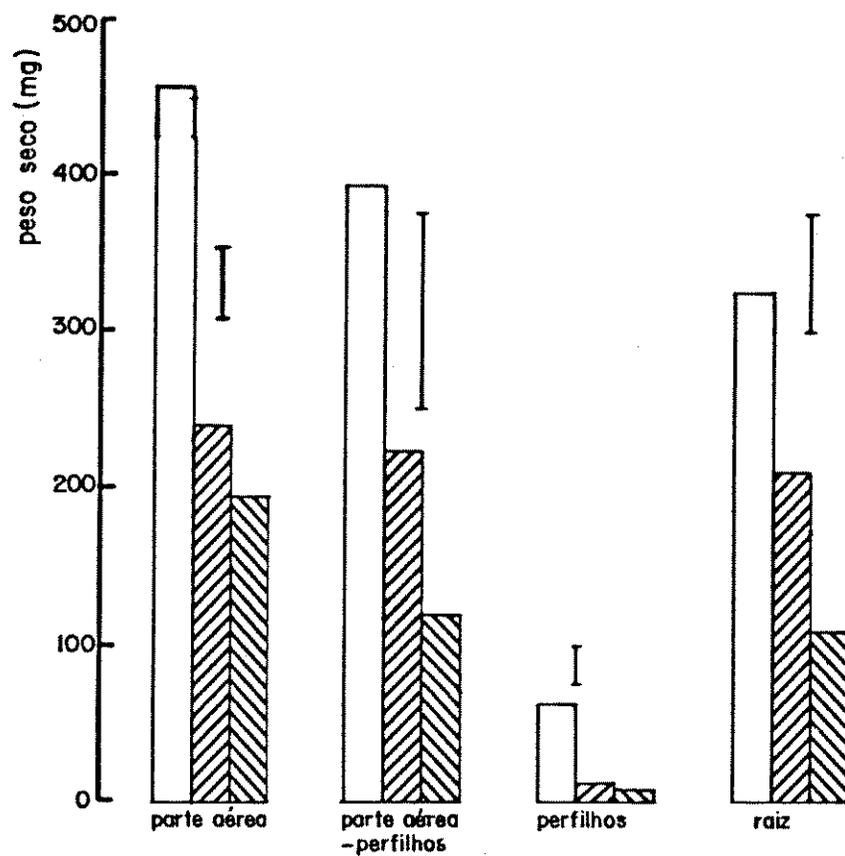
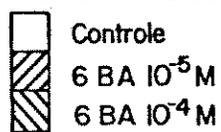


Figura 40- Peso seco da parte aérea e raiz, após 35 dias de crescimento, de plantas tratadas ou não com $6 \text{ BA } 10^{-5} \text{ M}$ ou $6 \text{ BA } 10^{-4} \text{ M}$



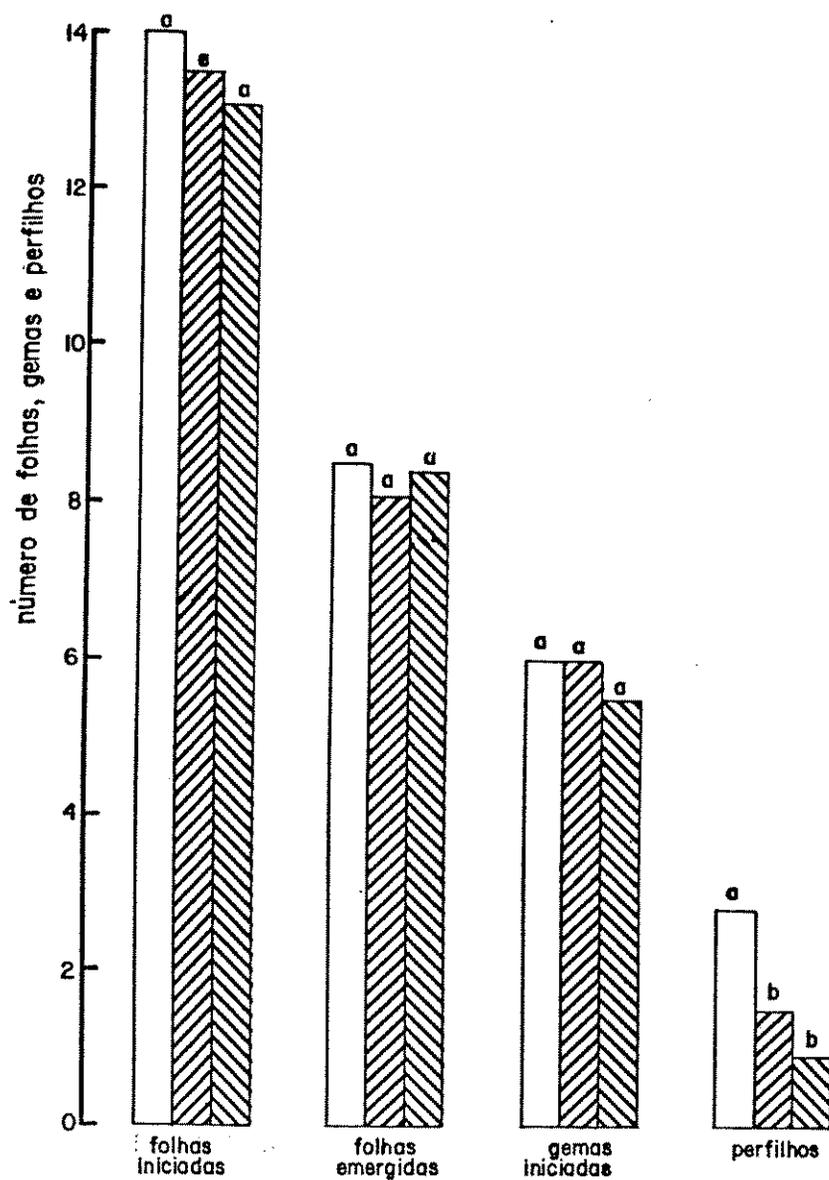
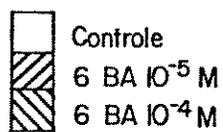


Figura 41 - Número de folhs e gemas iniciadas, folhas emergidas e perfilhos, após 35 dias de crescimento, de plantas tratadas ou não com 6 BA 10⁻⁵ ou 10⁻⁴ M



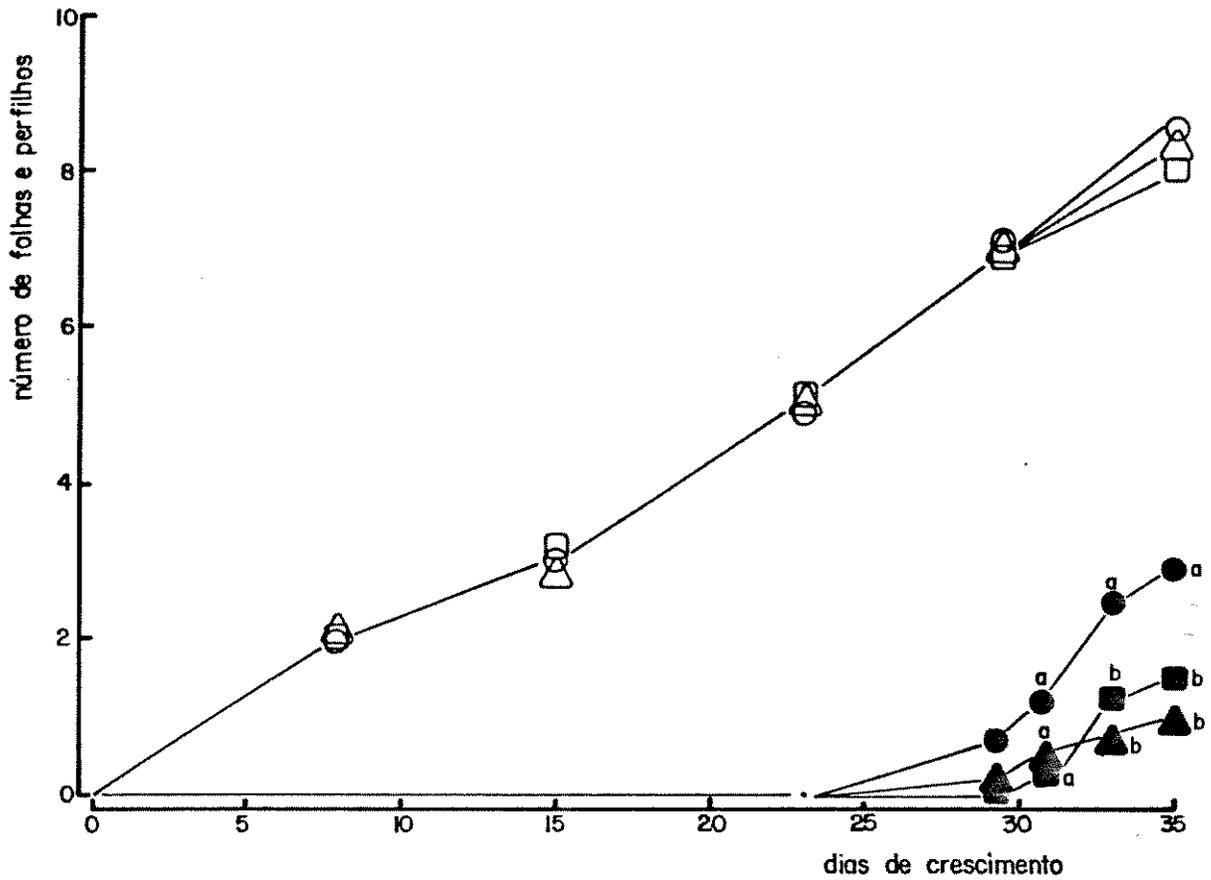


Figura 42- Número de folhas emergidas (○□△) e número de perfilhos (●■▲), durante 35 dias de crescimento, de plantas tratadas ou não com 6 BA 10⁻⁵ M ou 6 BA 10⁻⁴ M.

- ● Controle
- ■ 6 BA 10⁻⁵ M
- △ ▲ 6 BA 10⁻⁴ M

Tabela 9 - COMPRIMENTO (mm) DAS GEMAS AXILARES E PERFILHOS, A PÓS 35 DIAS DE CRESCIMENTO EM VERMICULITA. PLANTAS TRATADAS OU NÃO COM 6BA POR 4h EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES.

Gemas \ Tratamento	Controle	6BA 10^{-5} M	6BA 10^{-4} M	DMS
P ₂	66,00	5,20	5,60	3,13
P ₃	120,00	34,10	30,00	3,10
P ₄	63,00	38,00	15,20	1,75
P ₅	8,60	10,00	13,40	0,25
P ₆	1,70	1,70	2,50	0,18

P_4 a inibição foi maior com aumento na concentração do 6BA. A altura de P_5 foi levemente promovida pelos tratamentos com 6BA, sendo a promoção maior com aumento na concentração. A altura de P_6 diferiu apenas nas plantas tratadas com 6BA na concentração de $10^{-4}M$, tendo sido promovida por este tratamento.

Neste experimento observaram-se redução no comprimento e largura da 3^a, 4^a, 5^a, e 6^a folhas (Tabela 10). A terceira folha teve apenas o comprimento significativamente reduzido pelos tratamentos, não sendo significativa a redução em largura. A quarta, quinta e sexta folha tiveram tanto o comprimento como largura reduzidos significativamente. Estas reduções foram maiores com aumento na concentração do 6BA.

Uma vez que os tratamentos dados no experimento anterior reduziram marcadamente o desenvolvimento geral da planta, foi montado novo experimento no qual o tratamento com 6-benzilaminopurina na concentração de $10^{-5}M$ foi dado também através de imersão do sistema radicular na solução mas agora, apenas durante meia hora. As plantas cresceram posteriormente em vermiculita.

A altura das plantas (Figura 43) não foi afetada pelo tratamento com 6BA $10^{-5}M$ até o 14º dia de crescimento, mas a partir do 21º dia as plantas tratadas apresentavam altura significativamente menor. No 35º dia as plantas controle apresentavam cerca de 38,5 cm. Neste dia não se observou efeito dos tratamentos sobre altura do eixo principal.

A Figura 44 mostra que em relação ao acúmulo de matéria seca o 6BA $10^{-5}M$ teve efeito somente no sistema radicular diminuindo seu peso em relação ao controle. Apesar do peso da parte aérea, considerando ou não os perfilhos, e o peso seco dos perfilhos separadamente terem sido menores nas plantas tratadas, as diferenças não foram significativas.

O número médio de folha iniciadas nas plantas contro

Tabela 10 - MÉDIA DO COMPRIMENTO E LARGURA (cm) DA 3ª, 4ª, 5ª e 6ª folha, APÓS 35 DIAS DE CRESCIMENTO EM VERMICULITA, PLANTAS TRATADAS OU NÃO COM 6BA POR 4h EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES.

Tratamento	3ª		4ª		5ª		6ª	
	Comprimento	Largura	Comprimento	Largura	Comprimento	Largura	Comprimento	Largura
Controle	6,69	0,73	12,92	0,82	18,50	1,11	24,06	1,68
6BA 10 ⁻⁵ M	5,04	0,71	8,02	0,68	13,53	0,68	20,21	1,01
6BA 10 ⁻⁴ M	4,86	0,67	4,65	0,65	7,30	0,48	11,68	0,32
DMS	1,25	0,08	2,12	0,08	2,73	0,15	3,69	0,21

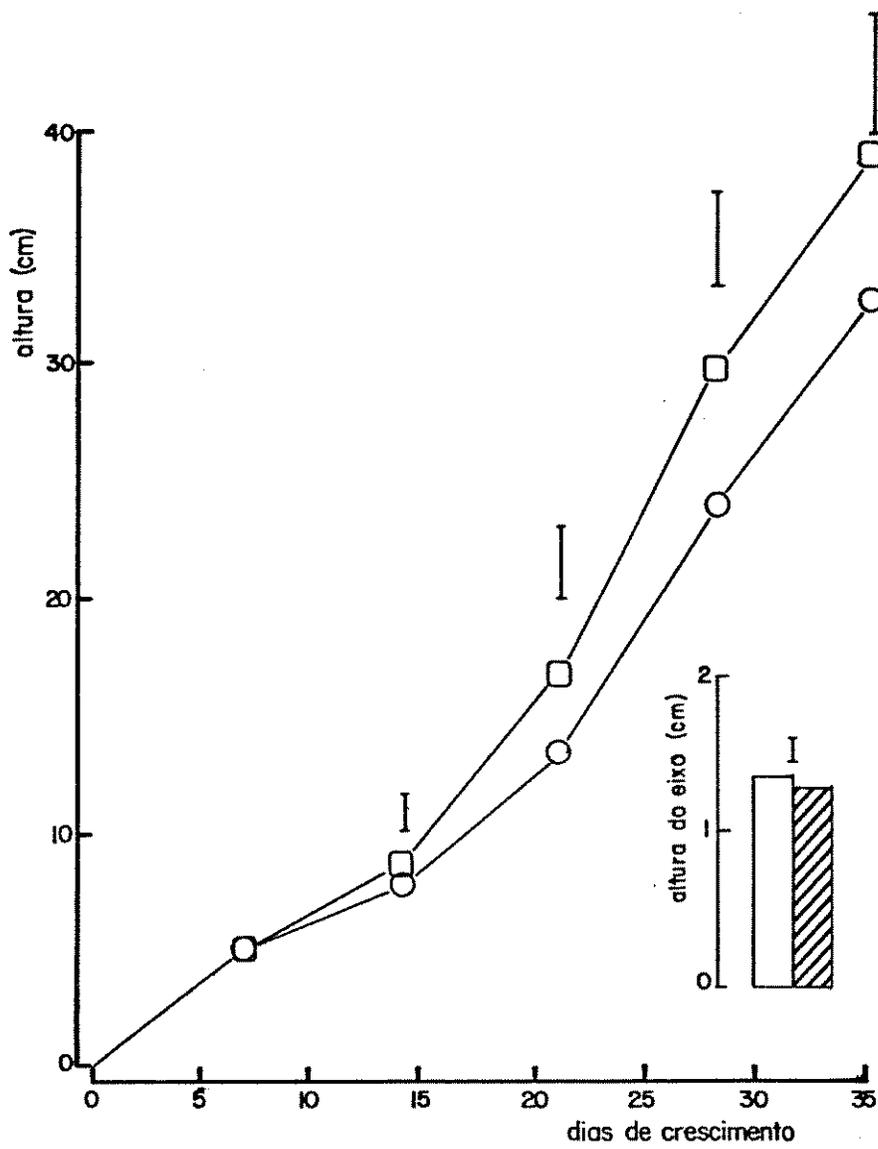


Figura 43 - Altura das plantas, durante 35 dias e do eixo, após 35 dias, de plantas tratadas ou não com $6 \text{ BA } 10^{-5} \text{ M}$.

□ Controle
 ○ $6 \text{ BA } 10^{-5} \text{ M}$

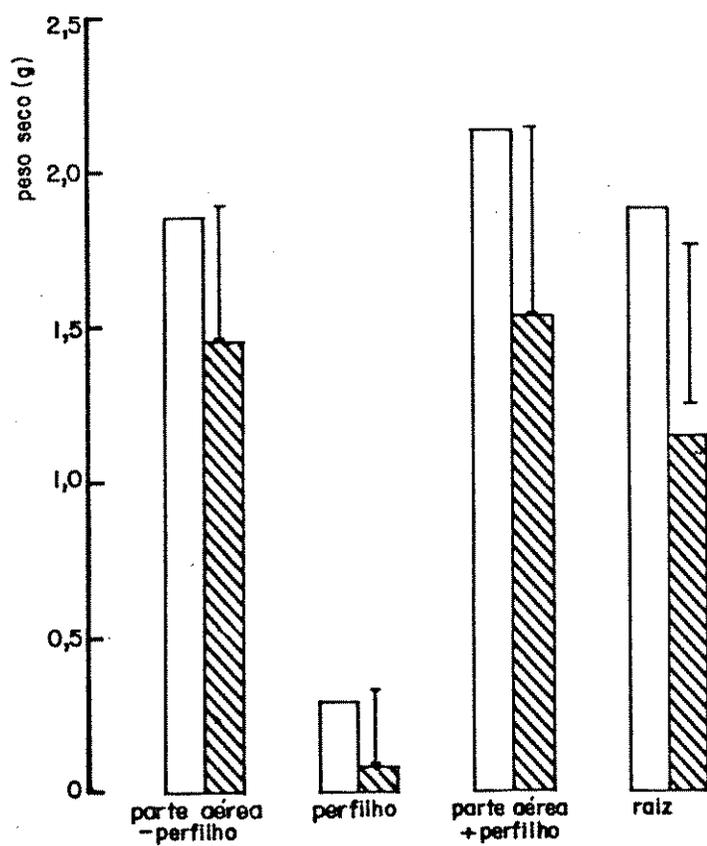


Figura 44 - Peso seco, após 35 dias de crescimento, de plantas tratadas ou não com 6 BA 10^{-5} M

□ Controle
▨ 6 BA 10^{-5} M

le até o 35º dia do experimento foi 14,8, o número de gemas axilares iniciadas foi 7,9 e o de folhas emergidas foi 9,2 (*Fi*gura 45); nenhum destes parâmetros foi afetado significativamente pelo tratamento com 6BA 10^{-5} M. Observou-se que, no 35º dia, as plantas tratadas com 6BA 10^{-5} M por meia hora apresentavam 1,5 perfilhos por planta enquanto havia 2,5 perfilhos por planta no controle; esta redução causada pelo tratamento foi estatisticamente significativa.

Neste experimento observou-se que o tratamento com 6BA 10^{-5} M por meia hora não exerceu efeito significativo no comprimento e largura da terceira folha, mas reduziu significativamente o comprimento e largura da quarta folha (*Tabela 11*). O comprimento e largura da quinta e sexta folha foi também reduzido significativamente pelo tratamento com 6BA 10^{-5} M (da dos não apresentados).

No experimento seguinte as plantas foram tratadas com 6BA 10^{-6} M durante meia, uma e duas horas, sendo então transferidas para solução hidropônica onde cresceram durante 24h. Após este período, as plantas controle e tratadas tiveram seu sistema radicular principal removido, permanecendo 1,0cm basal. Removeram-se também as raízes adventícias deixando permanecer apenas três. As raízes adventícias que surgiam acima deste número eram removidas diariamente. Estas remoções foram uma tentativa no sentido de se manter plantas tratadas e controle com o volume radicular semelhante.

Após 23 dias de crescimento a altura das plantas controle havia atingido 29,5cm e dos eixos principais 1,2cm (*Figura 46*). O 6BA 10^{-6} M inibiu fortemente o crescimento em altura das plantas com qualquer tempo de tratamento em relação controle e seu efeito inibidor no crescimento do eixo principal foi significativo apenas com duas horas de tratamento.

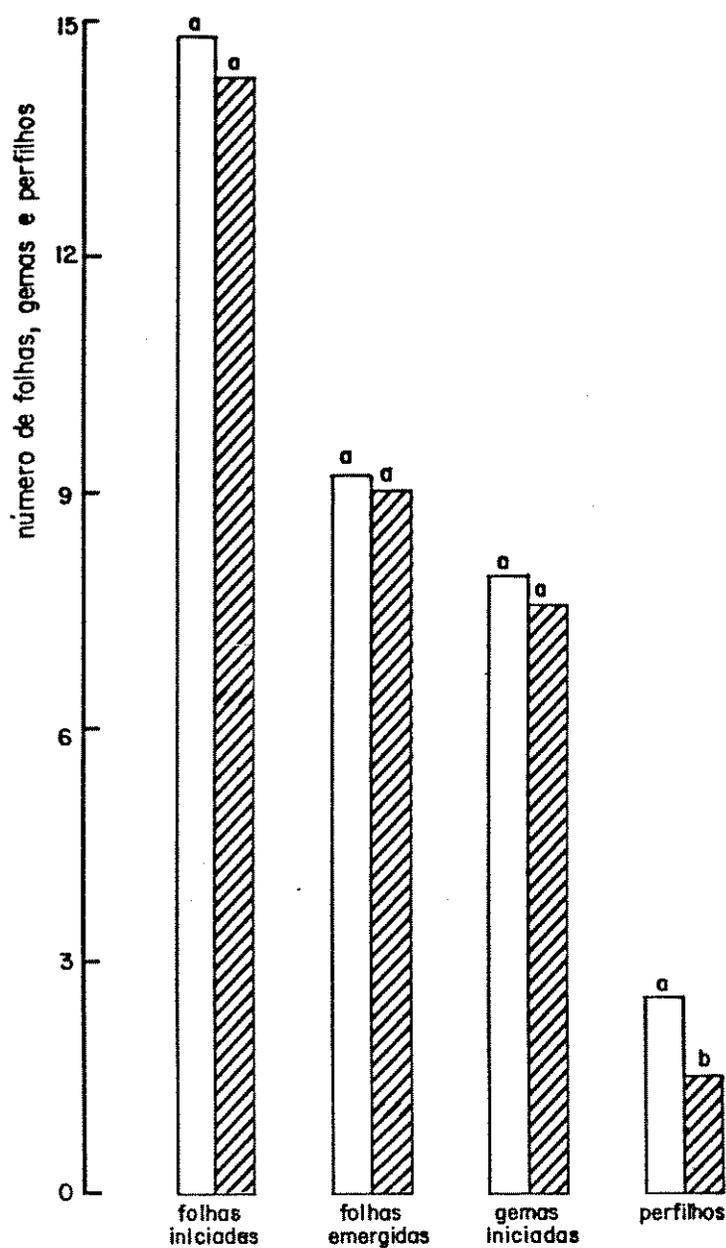


Figura 45- Número de folhas e gemas iniciadas, folhas emergidas e perfilhos, após 35 dias de crescimento, de plantas tratadas ou não com 6 BA 10⁻⁵M

 Controle
 6 BA 10⁻⁵ M

Tabela 11 - MÉDIA DO COMPRIMENTO E LARGURA (cm) DA 3^a E 4^a FOLHAS, APÓS 35 DIAS DE CRESCIMENTO EM VERMICULITA. PLANTAS TRATADAS OU NÃO COM 6BA 10⁻⁵M POR MEIA HORA.

Tratamento \ Folha	3 ^a		4 ^a	
	Comprimento	largura	Comprimento	Largura
Controle	7,22	0,60	12,40	0,78
6BA 10 ⁻⁵ M	5,97	0,57	8,63	0,64
D M S	1,42	0,06	2,26	0,08

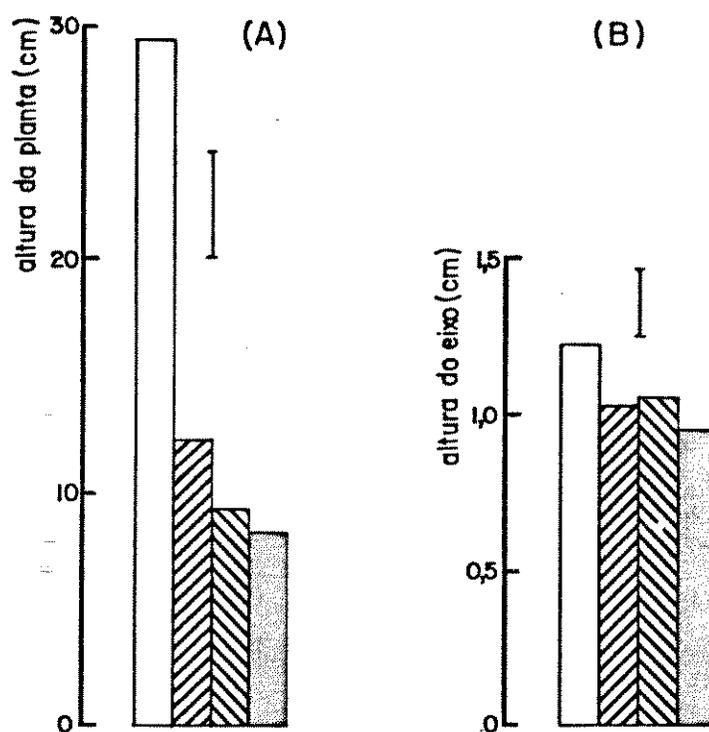
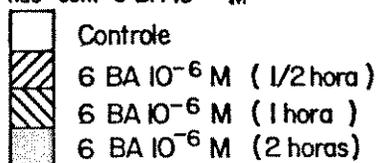


Figura 46 - Altura da planta (A) e do eixo (B), após 23 dias de crescimento, de plantas tratadas ou não com 6 BA 10^{-6} M



A *Figura 47* mostra que o peso seco tanto da parte aérea como do sistema radicular foi diminuído fortemente pelo tratamento com $6BA\ 10^{-6}M$, mas novamente os diferentes tempos de tratamento não foram significativamente diferente entre si.

Plantas controle apresentavam uma média de 12,6 folhas iniciadas no final do experimento; tal número foi reduzido significativamente pelos tratamentos com 6BA, sendo as maiores reduções provocadas pelos tratamentos mais longo (*Figura 48*). A emergência de folhas não foi afetada significativamente pelos tratamentos por meia e uma hora, mas foi inibida em relação ao controle que apresentou 7,3 folhas emergidas, quando o tratamento foi dado por duas horas. Ainda na *Figura 48* observa-se que 6,1 gemas de perfilhos foram iniciadas nas plantas controle e que os tratamentos com $6BA\ 10^{-6}M$ não tiveram efeito na iniciação das gemas. O perfilhamento foi reduzido de 2,0 perfilhos por planta no controle para 0,4 nas plantas que receberam $6BA\ 10^{-6}M$ por qualquer tempo de tratamento.

Observa-se também que a altura das gemas axilares (*Tabela 12*) foi significativamente reduzida pelos tratamentos em relação ao controle. A altura das gemas P_2 não diferiu entre as plantas tratadas por diferentes tempos com $6BA\ 10^{-6}M$, mas observou-se que com relação à altura das gemas P_3 , P_4 e P_5 os tratamentos mais longos foram mais efetivos.

Observou-se neste experimento, que os tratamentos com $6BA\ 10^{-6}M$ inibiram a formação de outras raízes adventícias em relação ao controle, e inibiram também a iniciação de raízes secundárias a partir das três raízes adventícias que permaneceram. Assim, a forte inibição causada em todos os parâmetros estudados pelos tratamentos com 6BA na concentração de $10^{-6}M$ pode ter sido indireta, através de uma redução na absorção de nutrientes pelas raízes. Deste modo, a tentativa de homogeneiza

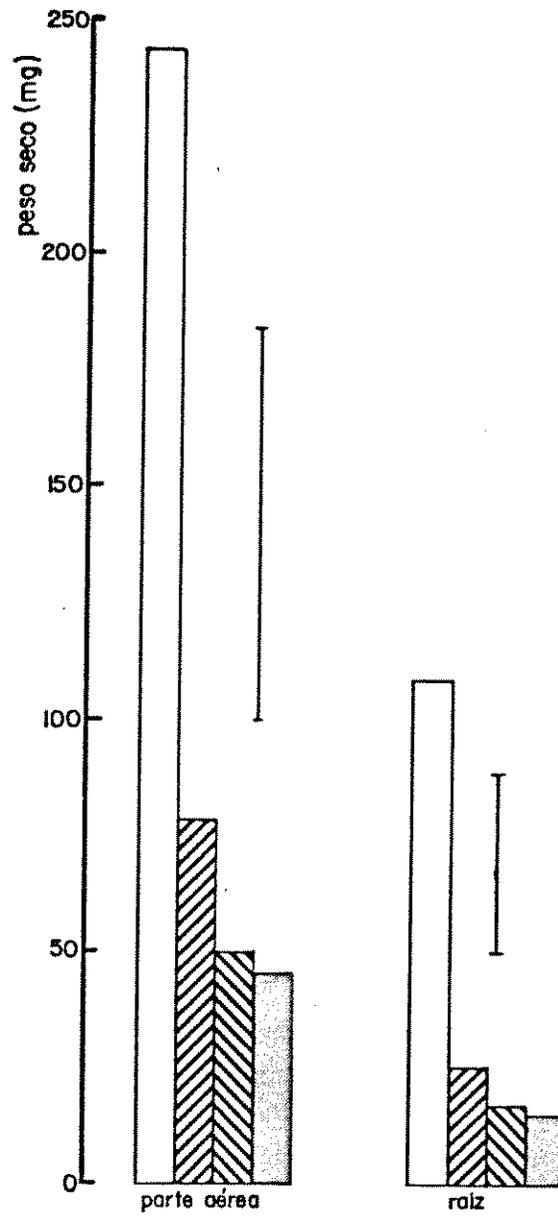
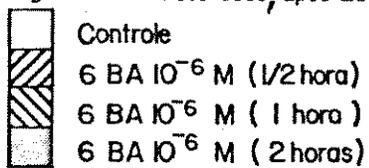


Figura 47 - Peso seco, após 23 dias de crescimento, de plantas tratadas ou não com 6 BA 10^{-6} M



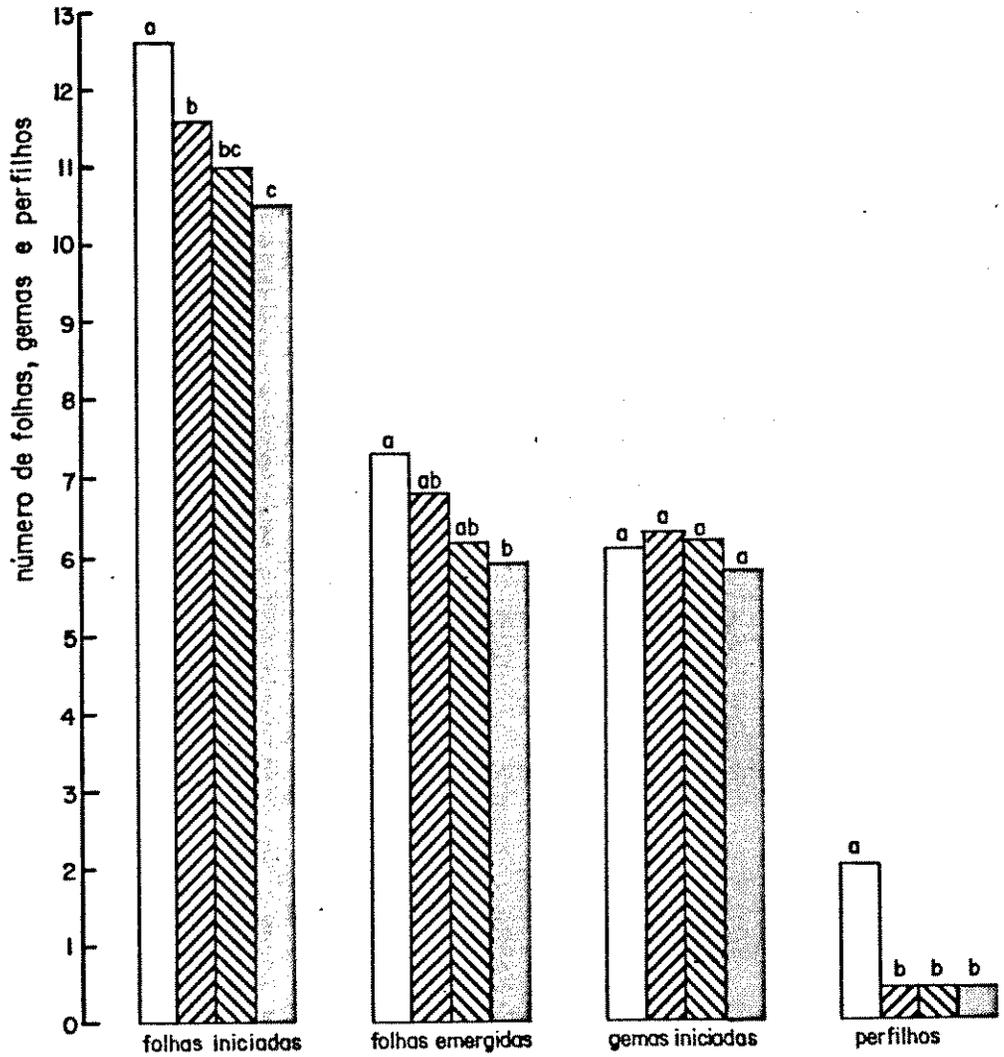


Figura 48- Número de folhas e gemas iniciadas, folhas emergidas e perfilhos, após 23 dias de crescimento, de plantas tratadas ou não com $6 \text{ BA } 10^{-6} \text{ M}$.

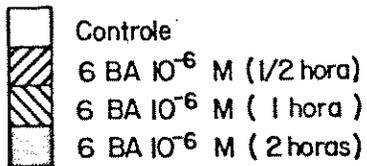


Tabela 12 - COMPRIMENTO (mm) DAS GEMAS AXILARES E PERFILHOS, APÓS 23 DIAS DE CRESCIMENTO, PLANTAS TRATADAS OU NÃO COM 6BA 10^{-6} M EM DIFERENTES TEMPOS DE TRATAMENTO

Tratamento Gemmas	Controle	6BA 10^{-6} M 1/2h	6BA 10^{-6} M 1h	6BA 10^{-6} M 2h	DMS
P ₂	87,00	8,60	8,00	8,80	2,95
P ₃	66,70	9,60	5,20	5,40	2,12
P ₄	9,70	1,80	1,40	1,30	0,25
P ₅	1,80	0,80	0,70	0,70	0,04
P ₆	0,70	0,40	0,30	0,20	0,02

ção do volume radicular, através da manutenção de apenas três raízes adventícias por planta não teve sucesso.

A seguir, foram testadas concentrações menores de 6BA. O efeito dos tratamentos com as concentrações de $10^{-7}M$ e $10^{-8}M$ dados por meia hora foi observado em plantas que cresceram em solução hidropônica durante 17 dias (neste experimento foram também feitas as remoções das raízes adventícias e a remoção da raiz principal, deixando permanecer 1,0cm basal).

Os resultados da *Figura 49* mostram que a altura das plantas controle após 17 dias de crescimento era de 24,0cm e que os tratamentos não afetaram significativamente a altura total das plantas e dos eixos principais.

Em peso seco (*Figura 50*) também não houve efeito significativo dos tratamentos, tanto com relação ao peso seco da parte aérea, considerando ou não os perfilhos, como com relação ao peso seco do sistema radicular. O tratamento com 6BA $10^{-8}M$ tendeu promover a altura das plantas e o acúmulo de matéria seca na parte aérea relacionada ao eixo principal, mas estas promoções não foram significativas.

Nas concentrações de $10^{-7}M$ e $10^{-8}M$ o 6BA não causou inibição no desenvolvimento do sistema radicular.

O número de folhas emergidas e o número de perfilhos (*Figura 51*) não foi afetado pelo 6BA $10^{-7}M$ e $10^{-8}M$. No 17º dia as plantas controle apresentavam 7,6 folhas emergidas e 1,5 perfilhos emergidos. Os números de folhas e gemas axilares iniciadas também não foram afetados pelos tratamentos com 6BA nestas concentrações. Tanto as plantas controle como as tratadas apresentavam cerca de 13,0 folhas iniciadas no 17º dia. Neste dia, o número de gemas axilares iniciadas nas plantas controle foi de 5,8.

Neste experimento não ocorreram diferenças significativas nas alturas das gemas axilares.

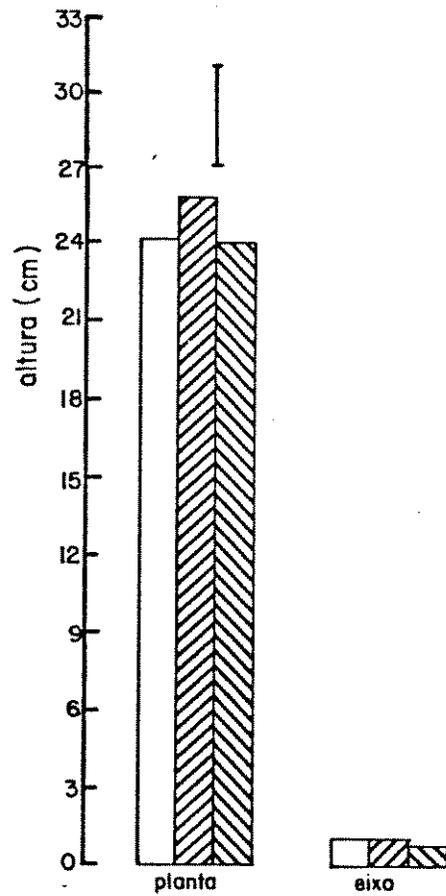
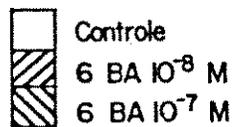


Figura 49 - Altura das plantas e do eixo, após 17 dias de crescimento, de plantas tratadas ou não com 6 BA 10^{-8} M e 10^{-7} M.



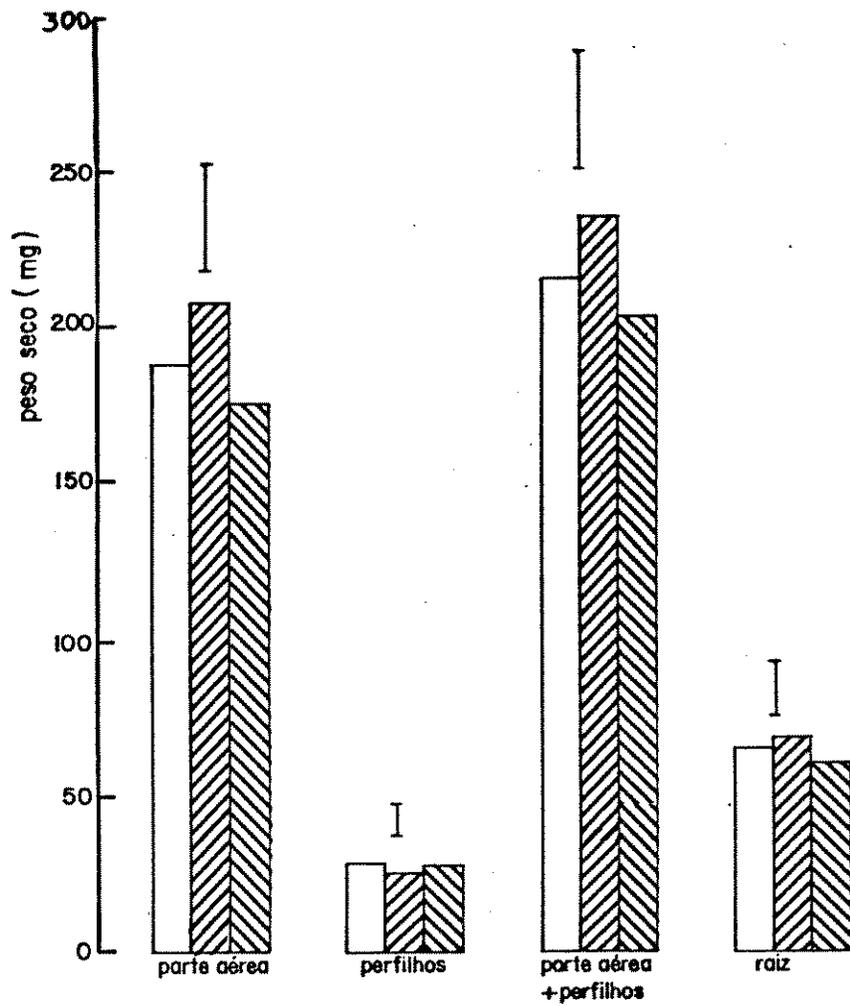
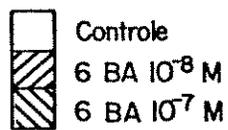


Figura 50 - Peso seco de plantas, após 17 dias de crescimento, de plantas tratadas ou não com 6 BA 10^{-8} M e 10^{-7} M.



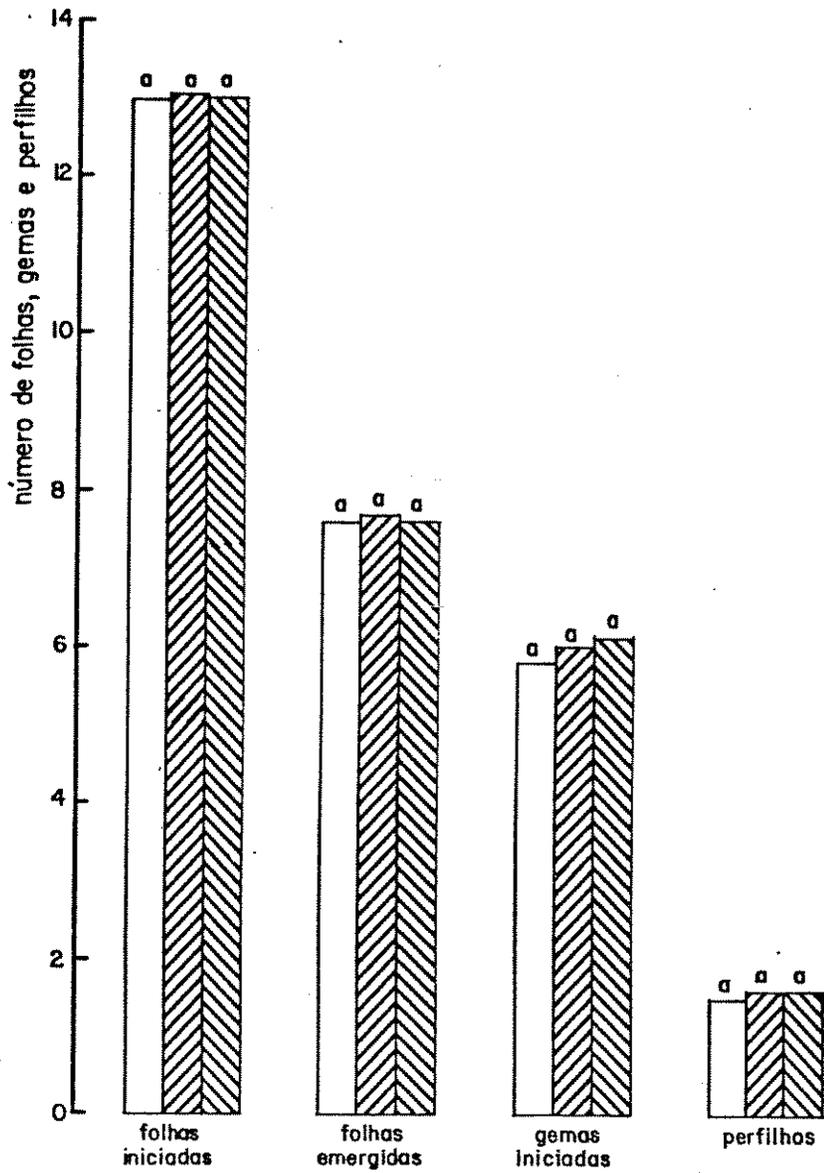
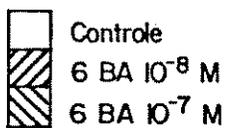


Figura 51 - Número de folhas e gemas iniciadas, folhas emergidas e perfilhos, após 17 dias de crescimento, de plantas tratadas ou não com 6 BA 10⁻⁸ e 10⁻⁷ M.



Pelos experimentos realizados, observou-se que o 6BA nas concentrações de $10^{-6}M$, $10^{-5}M$ e $10^{-4}M$ em qualquer tempo de tratamento, inibiu o desenvolvimento das plantas, especialmente em altura, acúmulo de matéria seca e perfilhamento. Em geral, a inibição foi maior com aumento na concentração deste regulador de crescimento ou com aumento nos tempos de tratamento. O 6BA, nas concentrações de $10^{-5}M$ e $10^{-4}M$, afetou o desenvolvimento de folhas, reduzindo comprimento e largura destas.

Inibição da formação de raízes foi observada quando as plantas cresceram em solução hidropônica e foram tratadas com 6BA $10^{-6}M$.

Concentrações menores de 6BA ($10^{-7}M$ e $10^{-8}M$) não tiveram efeito no desenvolvimento das plantas.

5.2 - giberelina e CCC

O alongamento do caule é um dos principais efeitos observados quando uma planta é tratada com ácido giberélico (GA_3). Além disto, a GA_3 pode induzir o alongamento do eixo floral em algumas espécies sensíveis ao fotoperíodo para floração. Até o presente, os dados sobre o efeito exercido pelas giberelinas no desenvolvimento de gemas laterais parecem controversos.

O cloreto de 2-cloroetiltrimetil amônio (CCC) é um conhecido inibidor da síntese de giberelinas que, quando aplicado em plantas produz um efeito geralmente oposto ao da aplicação exógena de GA_3 .

Os efeitos do GA_3 e CCC foram testados em plantas de sorgo crescendo em vermiculita.

Tratamento com GA_3 $10^{-5}M$ e $10^{-4}M$ foi dado 6 dias após o plantio, através das raízes, por imersão do sistema radicular intacto na solução de GA_3 durante 4h. As plantas cresceram por 35 dias.

Observou-se que cinco dias após o tratamento (11º dia de crescimento), as plantas que receberam GA₃ já apresentavam altura superior às plantas controle (*Figura 52*). Neste dia, o efeito das duas concentrações de GA₃ foi semelhante. No 14º dia observou-se o mesmo padrão de promoção de crescimento, com as plantas controle apresentando altura inferior e as duas concentrações de GA₃ não diferindo entre si. Observou-se que no 19º e 23º dias a promoção na altura das plantas causada pelo GA₃ foi proporcional à sua concentração, com maior concentração apresentando plantas maiores. No 28º dia de crescimento o GA₃ na concentração de 10⁻⁵M já não afetava a altura das plantas, enquanto a maior concentração continuava promovendo. No 35º dia o efeito do GA₃ já havia desaparecido. Apesar do efeito do GA₃ na altura das plantas ter desaparecido no 35º dia, neste dia ainda se observou efeito desta substância de crescimento na altura do eixo principal. A maior promoção ocorreu no tratamento com GA₃ 10⁻⁵M.

A *Figura 53* mostra que no 35º dia o GA₃ não afetou significativamente o acúmulo de matéria seca nem na parte aérea nem no sistema radicular.

No 35º dia do experimento (*Figura 54*) as plantas controle apresentavam 14,7 folhas iniciadas; 7,8 gemas axilares iniciadas; 9,2 folhas emergidas e 2,6 perfilhos emergidos. Nenhum desses parâmetros foi influenciado significativamente pelos tratamentos com giberelina. Embora a emergência de folhas não tenha sido afetada no 35º dia, observa-se pela *Figura 55* que o número de folhas emergidas foi reduzido significativamente pelos tratamentos com GA₃ do 19º ao 28º dias. No 28º dia as duas concentrações de GA₃ inibiram a emergência de folhas, sendo a inibição maior com o aumento na concentração.

O perfilhamento nas plantas controle e tratadas com GA₃ 10⁻⁵M teve início no 25º dia (*Figura 55*). As plantas tratadas com GA₃ na concentração de 10⁻⁴M apresentaram perfilhos no 28º dia. Desde o início do aparecimento dos perfilhos até o 35º dia não se observaram diferenças significativas no

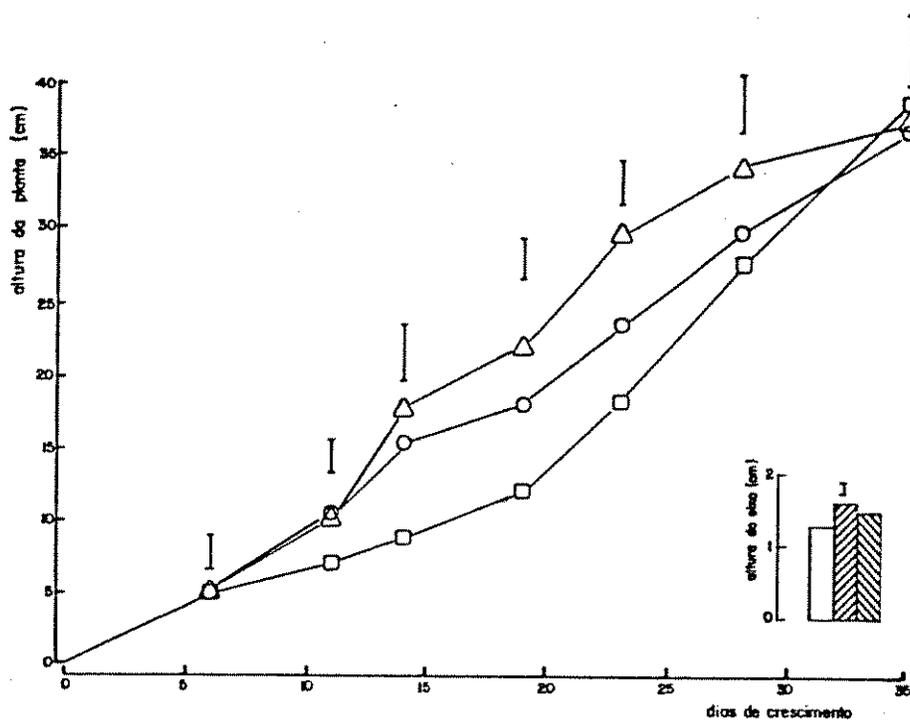
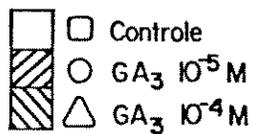


Figura 52 - Altura da planta, durante 35 dias, e do eixo, após 35 dias de crescimento, de plantas tratadas ou não com $GA_3 10^{-5} M$ ou $10^{-4} M$



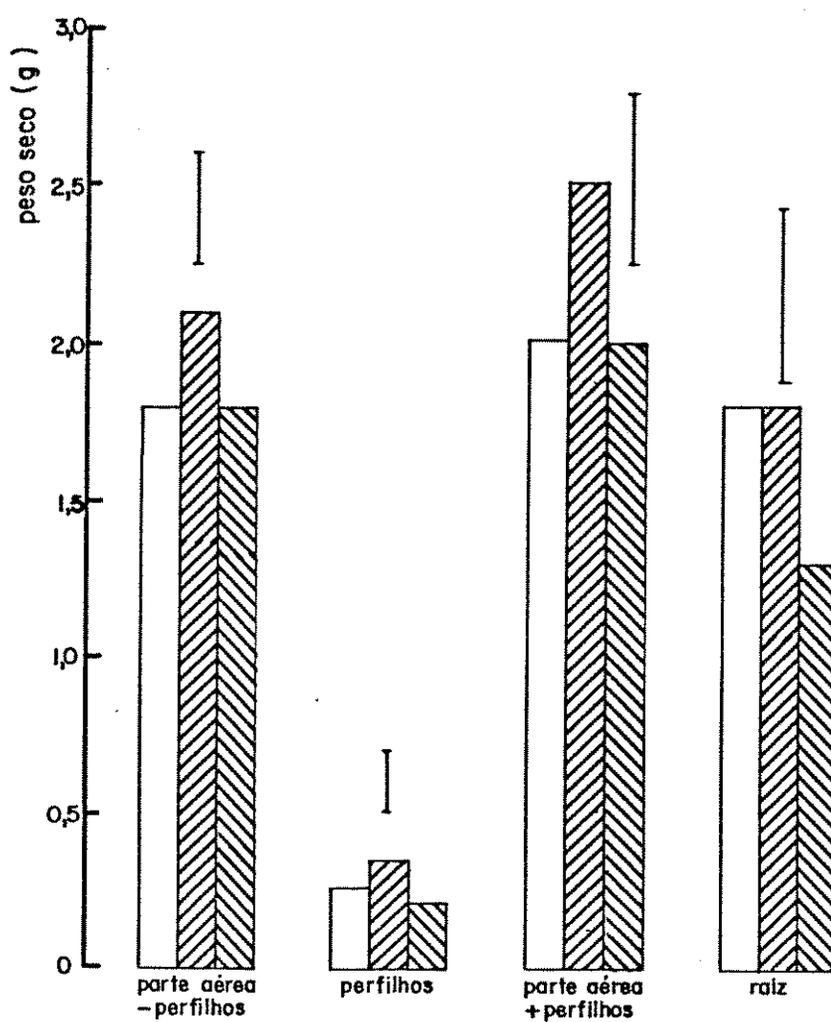
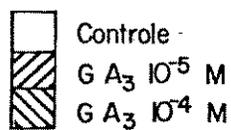


Figura 53 - Peso seco, após 35 dias de crescimento, de plantas tratadas ou não com $GA_3 10^{-5}$ ou $10^{-4} M$



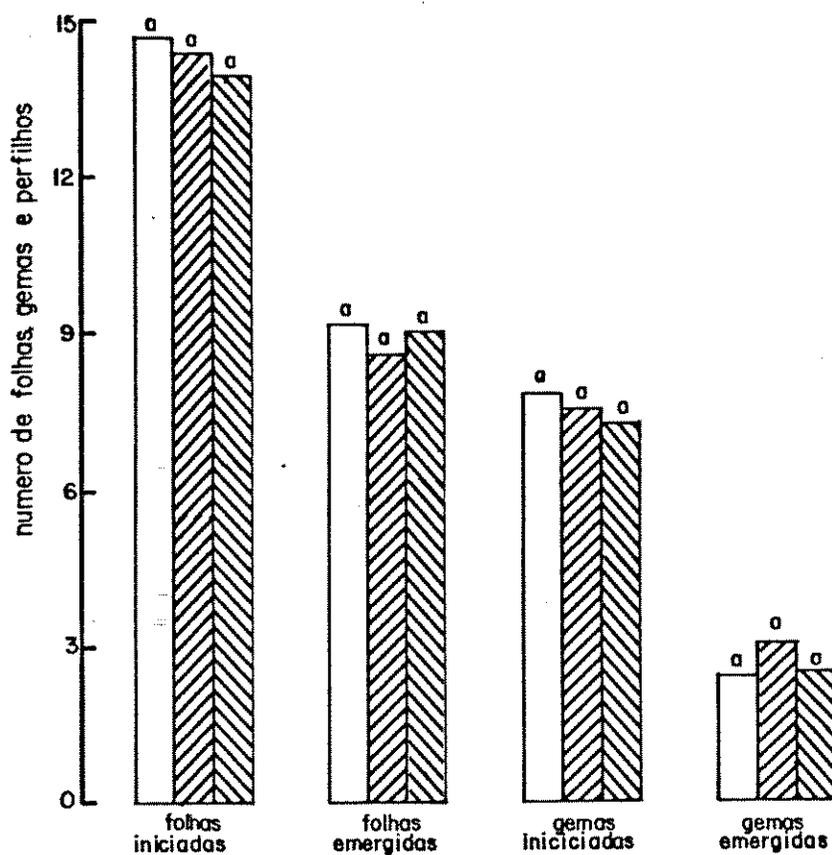
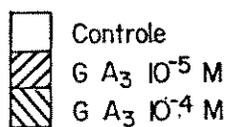


Figura 54 - Número de folhas e gemas iniciadas, folhas emergidas e perfilhos, após 35 dias de crescimento, de plantas tratadas ou não com $GA_3 10^{-5} M$ ou $10^{-4} M$



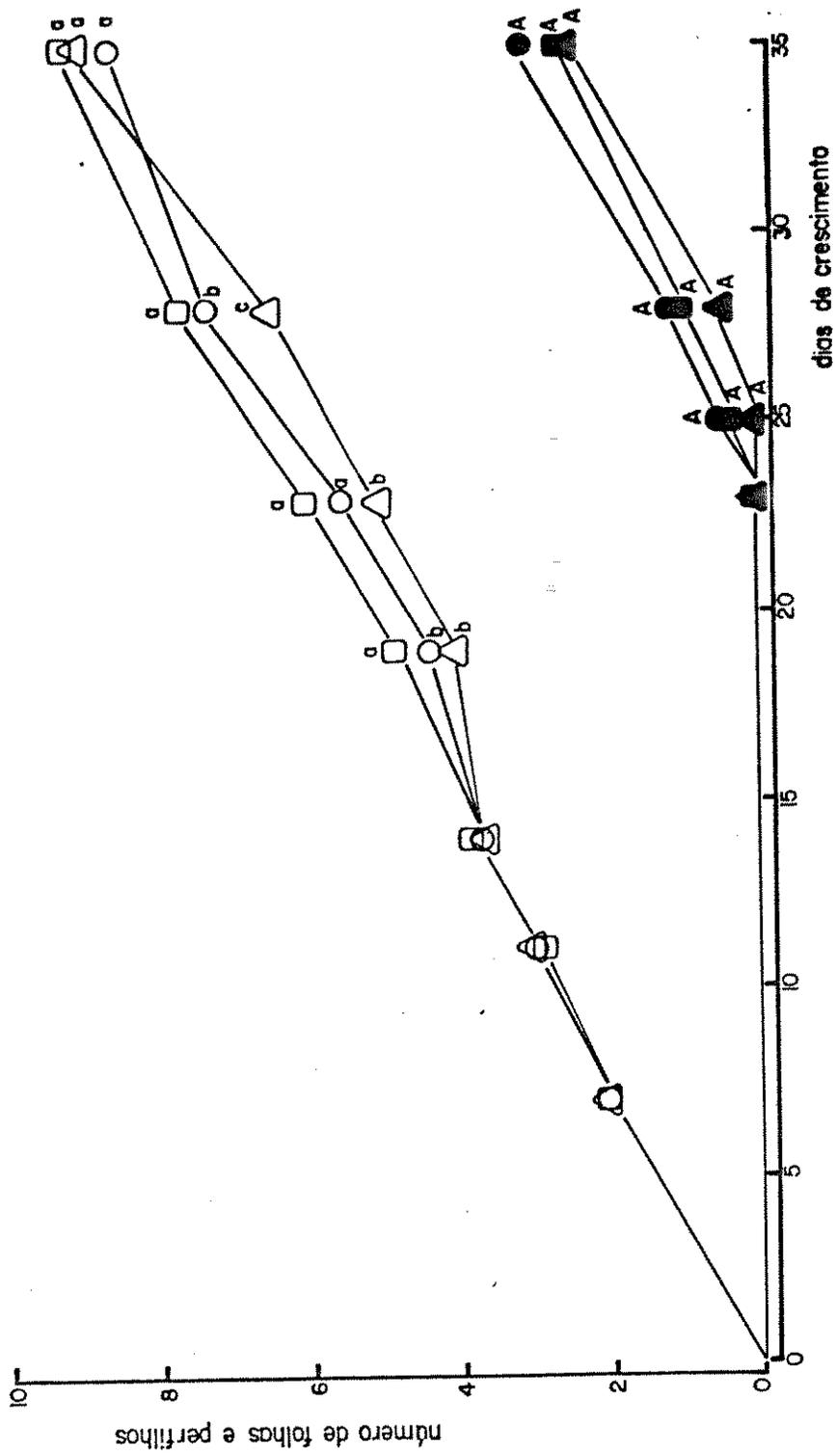


Figura 55 - Número de folhas emergidas (□○△) e perflhos (■●▲) durante 35 dias, de plantas tratadas ou não com GA_3 10^{-5} M ou 10^{-4} M.

- Controle
- GA_3 10^{-5} M
- ▲ GA_3 10^{-4} M

perfilhamento.

A altura das gemas P_3 ; P_4 e P_5 não foi afetada pelos tratamentos com GA_3 , mas os tratamentos inibiram o crescimento em altura das gemas P_6 e P_7 (tabela 13).

A giberelina promoveu o crescimento em comprimento da terceira, quarta, quinta e sexta folhas, sendo que nas três últimas o aumento no comprimento foi maior na maior concentração de GA_3 . A largura da terceira folha foi reduzida pelos tratamentos com GA_3 e somente o tratamento com $GA_3 10^{-4}M$ provocou redução na largura da quarta folha. Os tratamentos com $GA_3 10^{-5}$ e $10^{-4}M$ não exerceram efeito na largura da quinta e sexta folhas (Tabela 14).

Observou-se, portanto, que fornecimento de GA_3 somente no início do crescimento das plantas promoveu o crescimento em altura durante um certo período, mas este efeito já não aparecia com 35 dias de crescimento. Neste dia, também não se observaram diferenças nos outros parâmetros analisados, com exceção da altura do eixo principal e certos parâmetros de folhas.

Foi testado, a seguir, o fornecimento mais frequente de giberelina. Uma gota de $10\mu l$, contendo $10\mu g$ de GA_3 , foi aplicada no interior do cilindro formado pelas folhas no dia da emergência de cada folha. As plantas cresceram por 23 dias em vermiculita.

Este tratamento provocou um efeito promotor drástico na altura das plantas e do eixo principal como pode ser observado na *Figura 56*.

O peso seco (*Figura 57*) foi significativamente reduzido tanto na parte aérea como no sistema radicular pelo tratamento com GA_3 .

Aplicações frequentes de GA_3 não afetaram a iniciação

Tabela 13 - COMPRIMENTO (mm) DAS GEMAS AXILARES, APÓS 35 DIAS DE CRESCIMENTO. PLANTAS TRATADAS OU NÃO COM GA₃ POR MEIA HORA EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES.

Treatments Gemmas	Control	GA ₃ , 10 ⁻⁵ M	GA ₃ , 10 ⁻⁴ M	DMS
P ₃	106,00	147,70	89,16	43,18
P ₄	91,40	103,50	108,33	20,01
P ₅	24,50	25,30	28,52	5,11
P ₆	4,90	2,72	3,14	0,12
P ₇	1,91	0,86	0,78	0,03

Tabela 14 - MÉDIA DO COMPRIMENTO E LARGURA (cm) DA 3ª, 4ª, 5ª e 6ª FOHA, APÓS 35 DIAS DE CRESCIMENTO EM VERMICULITA. PLANTAS TRATADAS OU NÃO COM GA₃ POR MEIA HORA EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES.

Folha Tratamento	3ª		4ª		5ª		6ª	
	Comprimento	Largura	Comprimento	Largura	Comprimento	Largura	Comprimento	Largura
Controle	7,22	0,60	12,40	0,78	17,65	1,10	23,10	1,63
GA ₃ 10 ⁻⁵ M	13,05	0,50	19,15	0,71	23,50	1,54	27,10	2,11
GA ₃ 10 ⁻⁴ M	12,80	0,46	22,65	0,53	26,92	1,15	29,30	2,08
D M S	1,42	0,06	2,05	0,09	2,10	0,50	1,20	0,81

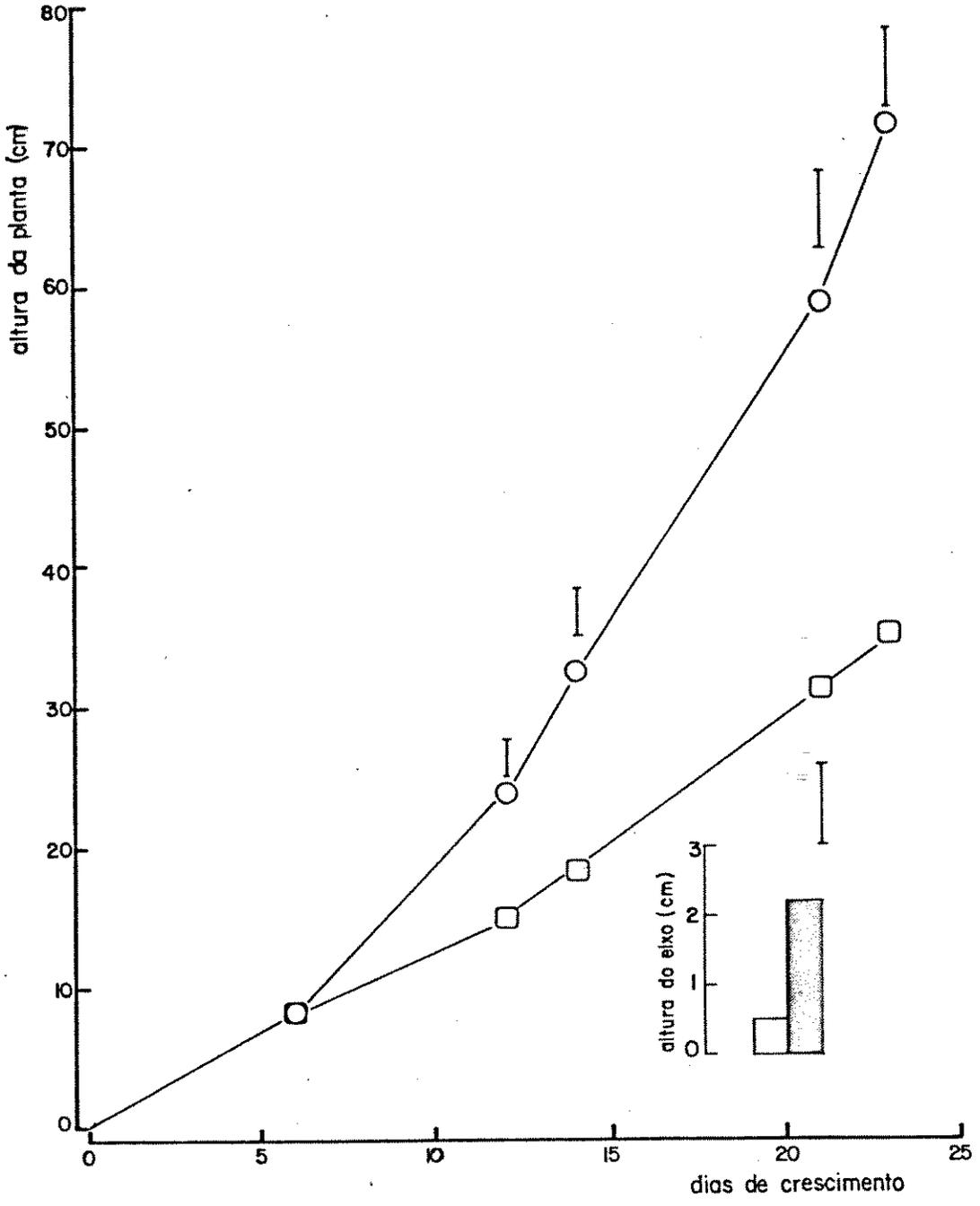


Figura 56 - Altura das plantas, durante 23 dias de crescimento e do eixo, após 23 dias de crescimento, de plantas tratadas ou não com GA₃ 10 µg

□ Controle
○ GA₃ 10 µg

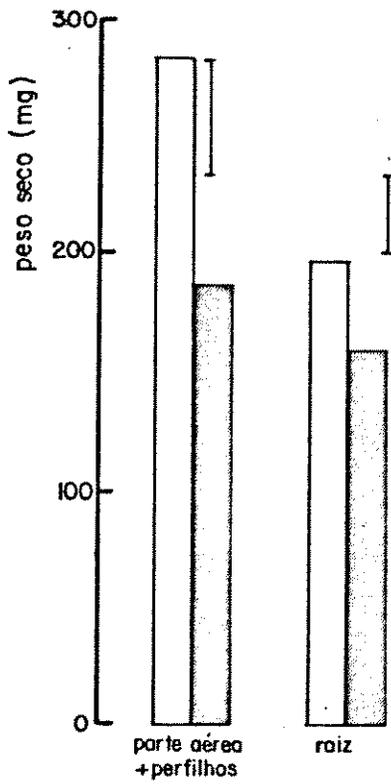


Figura 57 - Peso seco, após 23 dias de crescimento, de plantas tratadas ou não com GA₃ 10 µg

□ Controle
■ GA₃ 10 µg

de folhas e gemas axilares (*Figura 58*). O número de folhas iniciadas foi 11,2 e o de gemas axilares iniciadas 4,4 nas plantas controle. A emergência de folhas (*Figura 58*) também não foi afetada pelo tratamento com GA_3 sendo o número de folhas emergidas igual a 6,1 nas plantas controle. Tanto as plantas controle quanto as tratadas não apresentaram perfilhos durante o período de crescimento (*Figura 58*). Entretanto, o comprimento das gemas axilares foi promovido pelo tratamento com GA_3 . Este efeito foi observado nas gemas P_2 ; P_3 ; P_4 e P_5 (*Tabela 15*).

Aplicações frequentes de GA_3 aumentaram o comprimento e reduziram a largura da terceira e quarta folhas, não exercendo efeito na segunda folha, que foi a primeira folha tratada (*Tabela 16*). As plantas tratadas com GA_3 apresentaram ainda a quinta folha e, em algumas plantas, a sexta, com comprimento bem superior e largura reduzida em relação ao controle (dados não apresentados).

O efeito do CCC nas concentrações de 1000 e 2000 $\mu\text{g/ml}$ foi testado em plantas que cresceram durante 23 dias em vermiculita; foram feitas duas aplicações durante o experimento, sendo a primeira no 6º dia de crescimento, quando as plantas apresentavam em média 2,0 folhas emergidas e a segunda no 16º dia, quando as plantas apresentavam em média 5,0 folhas emergidas.

A altura das plantas durante todo o período de crescimento (*Figura 59*) não foi afetada por qualquer das concentrações de CCC testadas. Entretanto, o CCC 1000 $\mu\text{g/ml}$ promoveu significativamente a altura do eixo principal no 23º dia de crescimento.

Os tratamentos com CCC não afetaram o peso seco nem da parte aérea nem do sistema radicular no 23º dia (*Figura 60*).

A iniciação e emergência de folhas (*Figura 61*) não foram afetadas pelos tratamentos com CCC. No 23º dia o número de folhas iniciadas para as plantas controle era de 11,0 e o de folhas emergidas era de 6,1.

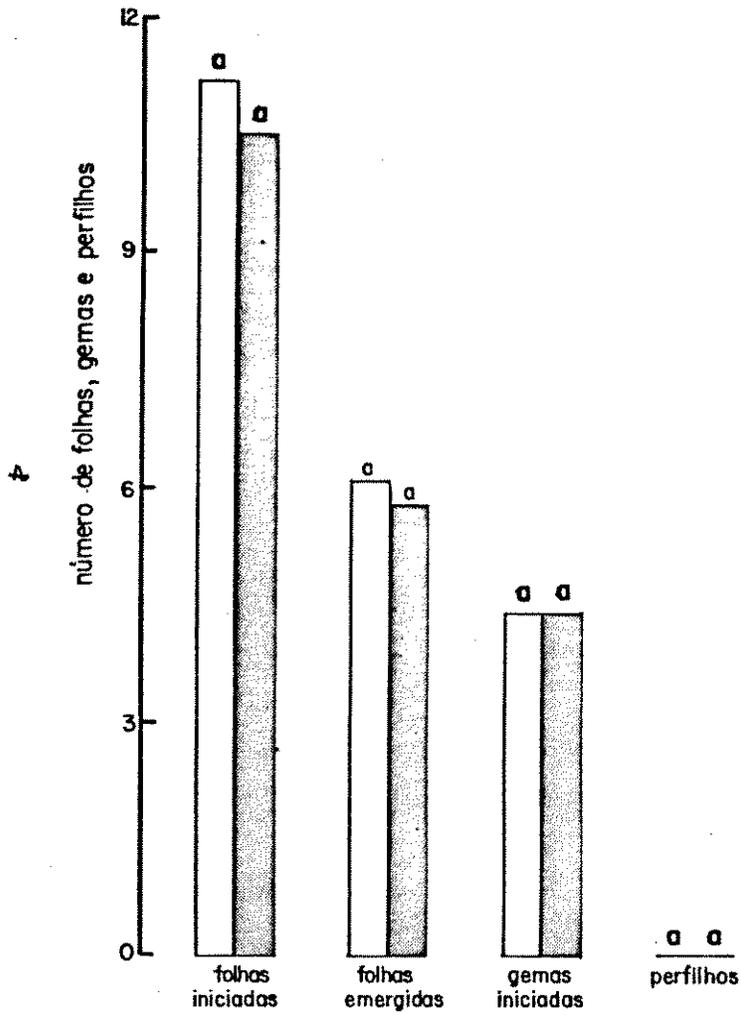


Figura 58 - Número de folhas e gemas axilares iniciadas, folhas emergidas e perfilhos, após 23 dias de crescimento, de plantas tratadas ou não com GA₃ 10 µg

 Controle
 GA₃ 10 µg

Tabela 15 - COMPRIMENTO (mm) DAS GEMAS AXILARES E PERFILHOS, APÓS 23 DIAS DE CRESCIMENTO EM VERMICULITA. PLANTAS TRATADAS OU NÃO COM GA₃ 10µg

Gemas \ Tratamento	Controle	GA ₃ 10µg	D M S
P ₂	29,30	53,00	5,02
P ₃	19,80	34,60	3,12
P ₄	7,80	15,30	0,34
P ₅	4,0	5,20	0,18

Tabela 16 - MÉDIA DO COMPRIMENTO E LARGURA (cm) DA 2ª, 3ª e 4ª FOLHA, APÓS 23 DIAS DE CRESCIMENTO EM VERMICULITA, PLANTAS TRATADAS OU NÃO COM GA₃ 10µg.

Folha	2ª		3ª		4ª	
	Comprimento	Largura	Comprimento	Largura	Comprimento	Largura
Controle	7,58	0,59	13,70	0,98	21,06	1,28
GA ₃ 10µg	8,00	0,61	18,70	0,86	40,11	0,86
D M S	1,00	0,04	2,97	0,10	4,54	0,20

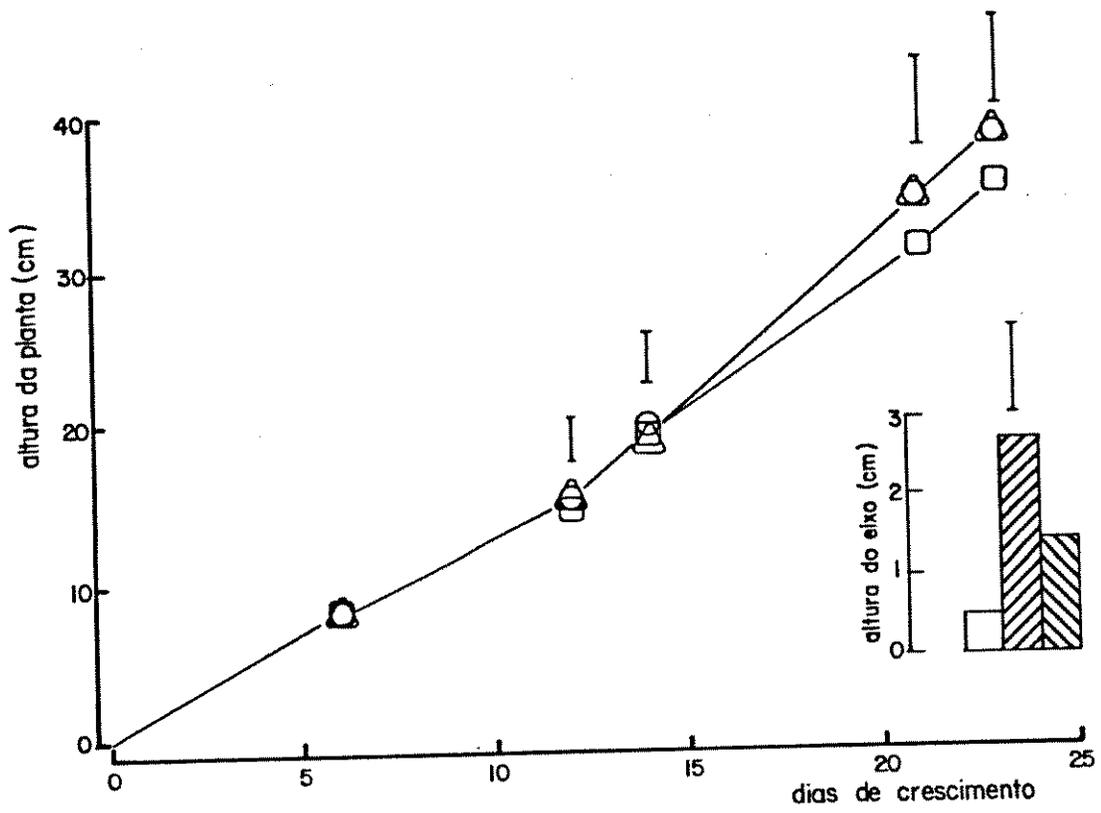
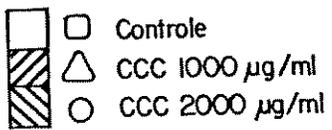


Figura 59 – Altura das plantas, durante 23 dias, e do eixo após 23 dias, de plantas tratadas ou não com CCC 1000 µg/ml ou 2000 µg/ml



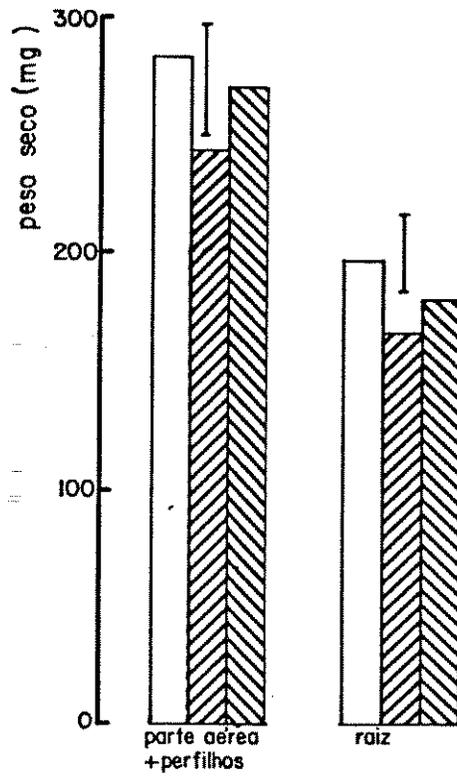
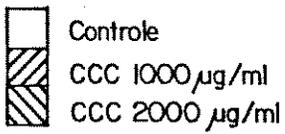


Figura 60 - Peso seco, após 23 dias de crescimento, de plantas tratadas ou não com CCC 1000 µg/ml ou 2000 µg/ml



O CCC na concentração de 1000µg/ml não afetou a iniciação de gemas axilares no 23º dia (*Figura 61*), entretanto a concentração maior desta substância foi promotora. As plantas tratadas com CCC na concentração de 2000µg/ml apresentavam 4,5 gemas axilares iniciadas no 23º dia, enquanto no mesmo dia as plantas controle apresentavam 3,4 gemas axilares iniciadas.

No 23º dia observou-se perfilhamento somente nas plantas tratadas com CCC 2000µg/ml, que apresentavam 0,4 perfilhos por plantas (*Figura 61*). O número de perfilhos das plantas tratadas com a maior concentração de CCC foi significativamente maior em relação ao controle, enquanto o tratamento com CCC 1000µg/ml não teve efeito no perfilhamento.

Observou-se que tratamento com CCC 1000µg/ml não afetou a altura das gemas axilares P₂; P₃; P₄ e P₅ iniciadas (*Tabela 17*). Tratamento com CCC 2000µg/ml promoveu a emergência de perfilhos (*Figura 61*), e afetou também o crescimento em altura das gemas axilares (*Tabela 17*). Este tratamento deu origem a dois grupos de gemas com crescimento diferentes; o primeiro grupo não sendo afetado pelo tratamento (gemas iniciadas, mas não emergidas); e o segundo tendo seu crescimento aumentado fortemente. Este segundo grupo resultou nos perfilhos emergidos.

Pela *Tabela 17* observa-se que a altura das gemas P₂ não emergidas não foi influenciada pelo tratamento com CCC nas concentrações de 1000µg/ml ou 2000µg/ml, enquanto a altura média das três gemas que emergiram em perfilhos foi muitíssimo maior (valores entre parênteses na *Tabela 17*). A mesma observação é válida para a gema P₃, mas deve ser observado que a variação da média de altura das gemas P₃ não emergidas foi alta. Isto nos indica que, apesar de várias gemas P₃, das plantas tratadas com CCC 2000µg/ml, não terem emergido, elas já haviam entrado na fase de rápido crescimento que culminaria com sua emergência, dando valores de altura bastante variados. Variação relativamente grande também ocorreu para altura da gema P₄, em consequência, sua altura apesar de ter sido em média maior do que a do controle, não diferiu significativamente deste. Na ge

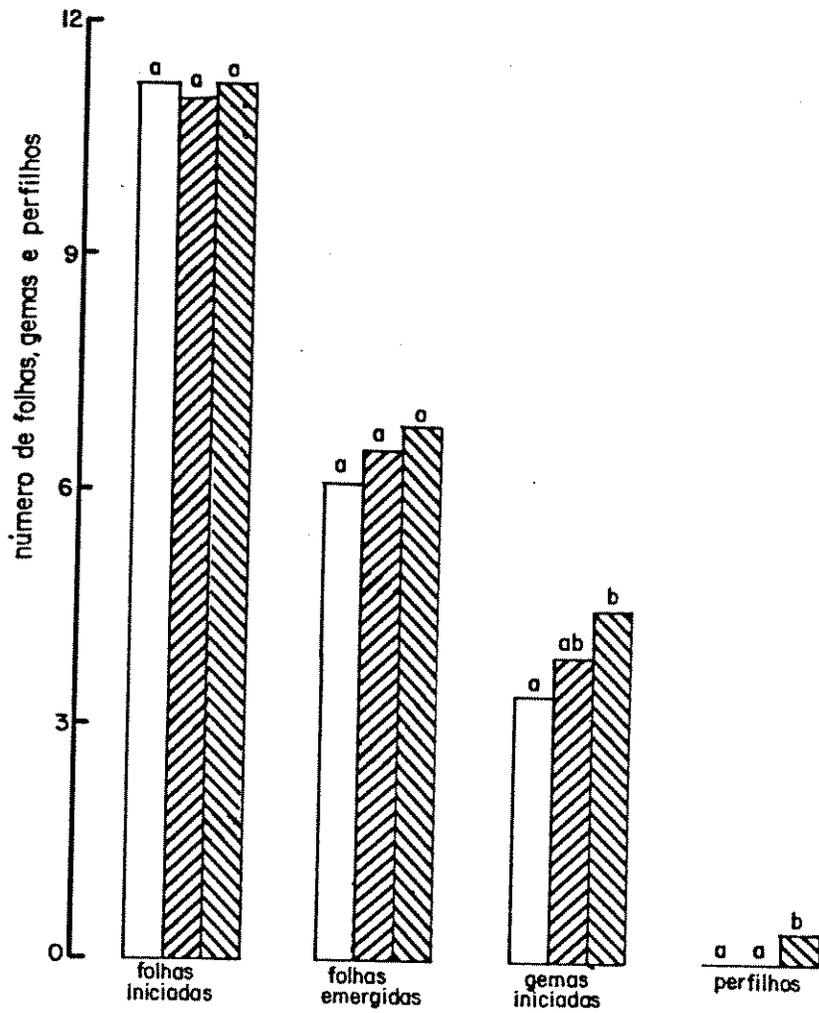


Figura 61 - Número de folhas e gemas axilares iniciadas, folhas emergidas e perfilhos, após 23 dias de crescimento, de plantas tratadas ou não com CCC 1000 µg/ml ou 2000 µg/ml

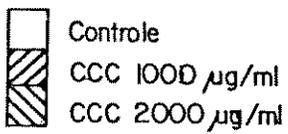


Tabela 17 - COMPRIMENTO (mm) DAS GEMAS AXILARES INICIADAS; COMPRIMENTO DOS PERFILHOS (VALORES ENTRE PARÊNTESES) E NÚMERO DE PERFILHOS, APÓS 23 DIAS DE CRESCIMENTO. PLAN TAS TRATADAS OU NÃO COM CCC EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES.

Gemmas	Tratamento	Controle		CCC 100µg/ml		CCC 2000µg/ml	
		Nº Perfilhos	Comprimento	Nº Perfilhos	Comprimento	Nº Perfilhos	Comprimento
P ₂		0	5,30	0	4,23	3	4,50 (111,66)
P ₃		0	4,36	0	3,57	1	6,68 (78,00)
P ₄		0	1,53	0	1,27	0	2,39
P ₅		0	0,52	0	0,60	0	0,99

ma P₅, a variação foi pequena, dando para se observar promoção em altura pelo tratamento com CCC 2000µg/ml.

Observou-se, neste experimento, que CCC 1000µg/ml so mente afetou a altura do eixo principal, tendo promovido em re lação ao controle e ao tratamento com CCC 2000µg/ml. Entretanto o tratamento com CCC 2000µg/ml promoveu a iniciação de gema a xilares em relação ao controle. O perfilhamento foi também pro movido por este tratamento, bem como a altura das gemas axila res. Os demais parâmetros analisados como altura das plantas e do eixo principal, peso seco e número de folhas iniciadas e emergidas não foram afetadas por tratamento com CCC 2000µg/ml.

IV - DISCUSSÃO

As gemas axilares das folhas mais basais de plantas de sorgo crescem todas (com exceção da axilar do coleoptile, P_c , que nunca é iniciada e da axilar da primeira folha, P_1 , que nem sempre é iniciada) muito cedo no desenvolvimento da planta dando origem a perfilhos. A emergência destas gemas em perfilhos ocorre da base para o ápice de modo que, como a planta possui os entrenós contraídos, na fase vegetativa do seu desenvolvimento, ela adquire o aspecto de um tufo de eixos. Assim, o sorgo pode ser considerado como uma gramínea que apresenta fra^{ca} dominância apical.

Em *Sorghum vulgare* Pers. cv. Santa Elisa, a primeira gema que emerge é geralmente a da axila da segunda folha (P_2), depois a da axila da terceira folha (P_3) e assim sucessivamente. Neste cultivar observaram-se dois padrões de emergência de gemas em perfilhos. No primeiro, mais comum nestas plantas, a gema cresce dentro da bainha foliar e emerge acima desta, na base da lâmina da folha correspondente. No segundo, a gema, ainda pequena, rompe a base da bainha foliar correspondente emergindo em perfilho e, conseqüentemente, sua maior taxa de crescimento ocorre após sua emergência.

Dados de literatura indicam que o perfilhamento é um fenômeno grandemente afetado pela nutrição mineral. Avery, *et al.*, (1936; 1937) já relacionavam os nutrientes minerais ao conteúdo endógeno do "hormônio de crescimento" em plantas de *Helianthus* e *Nicotiana*. Deficiências em nitrogênio, fósforo e potássio reduziram o número de perfilhos em plantas de cevada (Gregory, 1937), enquanto aumento no suprimento destes três macronutrientes aumenta a produção de perfilhos (Langer, 1966). Magnésio e cálcio também podem afetar o perfilhamento (Evans,

at al., 1964).

Em plantas de sorgo a redução na frequência de aplicação bem como na concentração dos nutrientes minerais fornecidos, determinou redução no perfilhamento das plantas. Entretanto, esta redução foi acompanhada de redução no crescimento geral das plantas não podendo, portanto, ser interpretada como um efeito particular na dominância apical.

Aspinal (1961) mostrou que em plantas de cevada um suprimento regular de nutrientes minerais não só aumenta o número de perfilhos por planta como também reduz a fase de rápido alongamento do eixo, considerada como uma fase em que o perfilhamento é reduzido. Ainda em cevada, Fletcher e Dale (1974) verificaram que as gemas de perfilhos do coleoptile e da primeira folha apresentaram menor crescimento quando o fornecimento de nutrientes minerais, nitrogenados ou não, era atrasado. Fletcher *in* Rocha (1978) verificou que o início da fase de crescimento exponencial de gemas laterais em cevada é determinada pela aplicação de minerais, em particular, nitrogênio e fósforo. Na ausência dos nutrientes o crescimento das gemas laterais iniciadas foi bastante reduzido.

Plantas de sorgo, quando não supridas com nitrato, mas supridas com os demais nutrientes, mostraram não só uma redução no número de perfilhos como também um atraso no início do perfilhamento.

Iniciação e emergência de folhas e iniciação de gemas axilares estão entre os parâmetros de crescimento mais dificilmente modificados com a alteração das condições ambientais às quais plantas de sorgo foram submetidas neste trabalho. Tais processos foram entretanto inibidos pelo não fornecimento de nitrato no 10º dia sem que, inicialmente, a altura da planta ou seu peso seco fossem reduzidos. Parece portanto que, inicialmente o acúmulo de matéria seca na planta se processe com recursos de nitrato obtido das reservas do grão, mas que o fornecimento de nitrato seria indispensável para manutenção dos processos mor

fogênicos como a iniciação de folhas e gemas assim como a emergência das primeiras, sugerindo aqui um envolvimento hormonal. Com a continuidade do crescimento, e esgotando as reservas do grão, então o atraso no fornecimento de nitrato se faria sentir em outros parâmetros, pois, não estando disponível, a matéria seca foi reduzida drasticamente, enquanto o efeito inibidor perdurou em folhas e se fez sentir no perfilhamento.

Assim, o atraso no suprimento de nitrato reduz o perfilhamento, talvez por modificar o balanço hormonal da planta; entretanto, como efeitos inibidores são causados também em outros parâmetros, o papel do suprimento de nitrato na dominância apical de sorgo ainda não ficou claro. Redução na disponibilidade de nitrato poderia estar reduzindo os níveis endógenos de citocininas, a exemplo do que ocorre em cevada (Rocha, 1978), que são hormônios responsáveis por quebra de dominância apical (Sachs e Thimann, 1964).

Parte dos resultados obtidos com redução no fornecimento de nitrato para plantas de sorgo concordam com os de Metivier (1979) que verificou que um atraso no fornecimento de nitrato, para cultivares de cevada com baixo teor de nitrato no grão, causa redução na matéria seca total, principalmente da parte aérea, reduz o comprimento das folhas do eixo principal e a emergência destas, reduzindo também a emergência de gemas de perfilhos. Os resultados encontrados por Metivier (1979) indicam que suprimento inadequado de nitrogênio causa danos irreversíveis sobre o crescimento da planta que pode, em última análise, reduzir a produção.

Embora macronutrientes sejam pouco tóxicos e suas concentrações possam normalmente ser bastante aumentadas acima de seu ótimo sem afetar significativamente o crescimento (Sutcliffe e Baker, 1974), a aplicação de uma concentração dobrada de nitrato a plantas de sorgo resultou em plantas menores, com menor número de folhas emergidas no eixo principal, menor número de perfilhos assim como atrasou o início do perfilhamento. Parece então, que para este cultivar de sorgo, tanto aumento quanto

redução ou atraso no fornecimento de nitrogênio, além de reduzir o perfilhamento, reduz outros parâmetros de crescimento e desenvolvimento, o que torna difícil relacionar suprimento de nitrogênio com o processo de dominância apical.

As evidências de que o nível de nutrientes fornecidos a outras plantas pode determinar a extensão do crescimento de gemas laterais são muitas. Em *Linum usitatissimum* a dominância apical é muito mais evidente em baixos do que em altos níveis de nitrogênio (Gregory e Veale, *in* Phillips, 1969). Estes autores concluíram que o crescimento de gemas laterais em plantas de linho é inibido pela falta de nitrogênio. Resultados semelhantes com a mesma espécie de linho foram obtidos por McIntyre e Larmour (1974). Estes autores verificaram que as gemas laterais de plantas intactas foram liberadas da inibição quando estas cresceram com bom suprimento de nitrogênio. McIntyre (1964) verificou uma completa dominância apical em rizoma de *Agropyron repens* crescendo em baixos níveis de nitrogênio e que as gemas axilares desta planta crescem quando os níveis de nitrogênio são altos (McIntyre, 1965).

A maioria dos estudos envolvendo os efeitos causados pela disponibilidade de nutrientes minerais sobre o perfilhamento em gramíneas envolve muito mais o nitrogênio do que qualquer outro nutriente. Em geral, deficiência ou redução nos níveis de nitrogênio é acompanhada por redução no perfilhamento (Gregory, 1937; Fletcher e Dale, 1974 e Metivier, 1979) ou então um suprimento adequado de nitrogênio aumenta o perfilhamento (Troughton, 1967).

Entretanto, a maioria dos autores que trabalham com gramíneas preocupam-se com a emergência das axilares, ou o seu crescimento posterior, sem levar em conta outros aspectos do desenvolvimento das plantas.

Em *Sorghum vulgare* Pers. *cy.* Santa Elisa, a maior ou menor disponibilidade de nitrato para as plantas, embora reduzindo o perfilhamento, afetam outros parâmetros do desenvolvi

mento. Assim, o efeito no perfilhamento ou é indireto, como resultado dos efeitos inibidores gerais nas plantas, ou esses efeitos gerais mascaram aquele particular na dominância apical.

O aumento no suprimento de fosfato aumentou o perfilhamento das plantas de sorgo, propiciando não só um aumento no número de perfilhos por planta, como também adiantando o início do perfilhamento; aumentou ainda a matéria seca acumulada nos perfilhos sem afetar o restante da parte aérea ou a matéria seca acumulada no sistema radicular. O fato de aumento na disponibilidade de fósforo ter promovido o desenvolvimento dos perfilhos sem afetar outros parâmetros de crescimento da planta, indica que a presença deste nutriente possa ser um fator importante na quebra da dominância apical em sorgo.

Aumento na disponibilidade de fósforo resultou em um aumento no crescimento de gemas laterais em plantas de *Linum usitatissimum* (McIntyre, 1968) e redução no suprimento de fósforo, reduziu o comprimento de gemas laterais em *Coleus* (Thimann, et al., 1971). Em gramíneas, parece não estar bem estabelecido qual o efeito do fósforo no perfilhamento. Gardner (1943) registrou um aumento no perfilhamento em plantas de trigo sob condições de deficiência de cálcio e fósforo. Entretanto, o perfilhamento foi reduzido sob condições de deficiência de fósforo em cevada (Brenchley, 1929; Gregory, 1937) e em arroz (Takahashi et al., in Phillips, 1969). Em *Lolium perenne* o perfilhamento é grandemente reduzido quando há um suprimento inadequado de fósforo e potássio (Troughton, 1967). Fletcher in Rocha (1978) verificou o efeito do fosfato no início da fase de crescimento exponencial de gemas laterais em cevada, mostrando que na ausência deste nutriente o crescimento das laterais é bastante reduzido. Os resultados encontrados neste trabalho, de certo modo, concordam com os de Brenchley (1929); Gregory, (1937); Takahashi et al., (in Phillips, 1969); Troughton (1967) e Fletcher (in Rocha 1978) pois o perfilhamento em plantas de *Sorghum vulgare* foi promovido pelo aumento na disponibilidade de fosfato.

É possível que, em plantas de sorgo, o aumento na disponibilidade de fosfato que promoveu o desenvolvimento de perfilhos sem promover outros parâmetros de crescimento, tenha afetado níveis endógenos de substâncias de crescimento relacionadas com a dominância apical nesta planta.

Avery *et al.*, (1936 e 1937) verificaram uma relação positiva entre suprimento de nutrientes minerais, incluindo fósforo, e concentração "do hormônio" de crescimento no ápice do caule de *Helianthus* e *Nicotiana*. Dhillon (1978) mostrou um aumento nos níveis de citocininas na seiva do xilema de plantas de *Platanus occidentalis*, após 14 dias de tratamento com diferentes concentrações de fósforo. Nestas plantas o autor mostrou que o nível de cinetina foi maior em plantas tratadas com 0,50 mM de fósforo do que com 0,02 mM e 0,10 mM deste elemento.

O aumento no suprimento de fosfato além de intensificar o desenvolvimento das gemas axilares em sorgo, promoveu também sua iniciação sem afetar a iniciação foliar. Estes fatos sugerem que pode ter ocorrido uma alteração nos níveis endógenos de reguladores de crescimento favoráveis ao enfraquecimento da dominância apical. Este regulador poderia ser uma citocinina, uma vez que citocininas promovem o crescimento de gemas axilares inibidas em cevada (Sharif e Dale, 1980a) e tem seu nível controlado por nutrientes fosfatados em *Lycopersicon* (Menary e Van Staden, 1976) e em *Platanus* (Dhillon, 1978).

Plantas de sorgo cultivadas com suprimento mineral adequado podem ter sua dominância apical alterada quando outras condições ambientais, como por exemplo disponibilidade de água do solo e fotoperíodo são modificadas.

Apesar de terem sido poucas as pesquisas a respeito do efeito da disponibilidade de água no perfilhamento, há indicações de que o estresse de água reduza a quantidade e a taxa de perfilhamento (Langer, 1972).

Plantas de sorgo sujeitas a déficit hídrico capaz de

causar injúrias aparentes (murcha) nas plantas, apresentaram seu perfilhamento suprimido durante o período em que durou a murcha. As gemas axilares reiniciaram seu crescimento com consequente emergência em perfilhos, quando a disponibilidade de água no solo foi aumentada aos níveis do controle. O desenvolvimento destas plantas foi inibido em todos os parâmetros (exceto a iniciação de folhas) inclusive no perfilhamento, mas não especialmente no perfilhamento.

Chu, *et al.*, (1979) verificaram que plantas de *Bromus catharticus* são capazes de recuperar o crescimento após estresse de água. Eles verificaram que a taxa de aumento no número de perfilhos por planta diminui dentro de poucos dias após o início de estresse e que durante o período em que durou o estresse o número de perfilhos aumentou pouco. Após o estresse, durante a recuperação do crescimento, a taxa de formação de perfilhos foi mais rápida que no controle.

A redução na disponibilidade de água para plantas de sorgo, mesmo quando não causou injúria para as plantas, também determinou inibição em todos os parâmetros do desenvolvimento, que se mostraram ou não significativas, não exercendo efeito particular sobre os parâmetros relacionados à dominância apical, tais como emergência de gemas axilares e acúmulo de matéria seca nos perfilhos. Embora o perfilhamento em plantas de sorgo tenha sido reduzido, os efeitos inibidores marcantes do déficit de água em todos os parâmetros de crescimento levam à suposição de que esta redução no perfilhamento possa não ser devida a um aumento na dominância apical.

Stout e Simpson (1978) verificaram que plantas de *Sorghum bicolor* L. apresentam mecanismos para evitar ressecamento quando estão sujeitas a estresse de água tais como redução do potencial osmótico e aumento da senescência das folhas. Maior senescência das folhas foi também observado para plantas de *Sorghum vulgare*, sujeitas a estresse.

Stout *et al.*, (1978) verificaram também que o conteú

do de clorofila das folhas de *Sorghum bicolor* L. é menor em plantas não irrigadas do que em plantas irrigadas e que o crescimento de sorgo é muito sensível a estresse de água.

Jones e Rawson (1979) verificaram redução na fotossíntese líquida de plantas de *Sorghum bicolor* L. quando sujeitas a estresse de água. Os resultados mostrados para *Sorghum vulgare* sugerem uma relação com os dados de Stout e Simpson (1978); Stout *et al.*, (1978) e Jones e Rawson (1979), já que se observaram reduções no crescimento geral da planta, e maior senescência das folhas.

Que o sistema radicular é produtor de citocininas (Kend, 1965) e que estresse de água imposto às raízes ou à parte aérea, pode afetar, reduzindo, os níveis ou atividades de citocininas coletadas em exudado do xilema (Itai e Vaadia, 1965 e 1971) e aumentar níveis de ácido abscísico (Wright e Hiron, 1972) está bem claro.

Kannangara *et al.*, (1982), verificaram que plantas de *Sorghum bicolor* apresentaram níveis de ácido abscísico aumentado sob condições de estresse.

Em *Sorghum vulgare* o estresse de água pode ter reduzido o conteúdo de citocininas ou mesmo ter elevado os níveis de ácido abscísico. Entretanto, os fortes efeitos do estresse nos diversos parâmetros estudados podem ter mascarado efeitos devido simplesmente aos níveis destas substâncias de crescimento.

Dados de literatura mostram que quando as raízes de certas plantas crescem por um período prolongado em solos encharcados, a parte aérea apresenta injúrias com sintomas característicos. Os sintomas visíveis incluem: redução ou paralisação no alongamento do caule, epinastia dos pecíolos e folhas, formação de raízes adventícias e murcha e clorose nas folhas mais basais (Kramer, 1951; Kramer e Jackson, 1954). Plantas de sorgo crescendo em solos saturados (por imersão constante de 4/5 dos vasos em água) durante 27 dias mostraram redução no

comprimento total da parte aérea mas não do eixo principal, e não mostraram qualquer tipo de injúria.

Kramer (1951) e Kramer e Jackson (1954) verificaram redução no alongamento do caule e clorose das folhas mais basais de plantas de tabaco quando sujeitas ao encharcamento. Estes autores sugeriram que estes sintomas podem ter sido devidos à produção de inibidores pelo sistema radicular encharcado e sua conseqüente exportação para o caule.

Em *Sorghum vulgare* os resultados não sugerem aumento na síntese de inibidor pelo sistema radicular, pois embora a altura total da planta tenha sido reduzida pela saturação do solo, estas plantas apresentaram maior número de gemas axilares iniciadas e maior número de folhas e gemas emergidas no eixo principal. O maior número de gemas emergidas desde o início do perfilhamento sugere uma redução na dominância apical de plantas de sorgo, quando estas crescem em solos encharcados.

Jackson (1956) sugere que os sintomas de injúria apresentados pela parte aérea em tomateiro, conseqüentes do encharcamento, não foram devido à produção de uma toxina pelo sistema radicular encharcado, mas sim devido a um fator que é produzido normalmente pelo sistema radicular crescendo com aeração normal, fator este, essencial para o alongamento do caule e manutenção da coloração verde das folhas, e que não foi produzido pelo sistema radicular encharcado, sendo que a ausência deste fator na parte aérea causou os sintomas de injúrias característicos do encharcamento. Burrows e Carr (1969) também verificaram clorose nas folhas mais basais de plantas de girassol sujeitas ao encharcamento e sugeriram que esta clorose possa ter sido iniciada pela redução da citocinina importada para o caule, proveniente do sistema radicular encharcado. Estes autores verificaram que, quanto o período de encharcamento é prolongado (96h), ocorre uma drástica redução nos vários parâmetros analisados tais como: taxa de exudação, atividade metabólica dos ápices do sistema radicular, conteúdo de citocininas e aminoá

cidos. A redução destes parâmetros é acompanhada pelo aumento em pontos pretos nos ápices das raízes que foram considerados mortos. Os resultados de Burrows e Carr (1969) mostraram que o encharcamento do sistema radicular pode causar danos irreversíveis para a planta, uma vez que após um período de 96h de crescimento em solos alagados as raízes perdem sua capacidade de realizar sua atividade normal. Além disso, o encharcamento prolongado do sistema radicular pode reduzir os níveis de gibberelinas provenientes da raiz para o caule (Reid *et al.*, 1969).

Plantas de sorgo mostraram-se mais resistentes à saturação do solo uma vez que esta durou 27 dias sem que elas mostrassem sintomas de injúrias visíveis na parte aérea. Na verdade esta condição não foi boa para o desenvolvimento de sorgo, resultando em inibição significativa (altura) ou não (peso seco da parte aérea referente ao eixo principal). Entretanto, a saturação do solo aumentou a iniciação e emergência de perfilhos dando uma indicação de que o conteúdo endógeno de citocinina e, ou de giberelina não foi reduzido mas que, pelo contrário, poderia ter sido aumentado, embora aplicações exógenas deste regulador não tenham produzido efeitos semelhantes.

Além dos efeitos causados pela saturação do solo sobre o conteúdo endógeno de giberelinas e citocininas, dados de literatura apontam também esta condição como sendo favorável ao aumento de produção de etileno pela parte aérea. O padrão normal de crescimento e desenvolvimento da parte aérea de plantas adaptadas às condições aeradas do solo pode ser radicalmente modificado se o solo torna-se encharcado (Jackson *et al.*, in Massei, 1982). O encharcamento provoca redução nos níveis de O_2 (Jackson e Campbell, 1976), sendo esta redução responsável pela alta produção de etileno pela parte aérea (Jackson e Campbell, 1976 e Bradford e Dilley, 1978). Mais recentemente, Bradford e Yang (1980), mostraram que o ácido 1 - aminopropano - 1 - carboxílico, precursor imediato do etileno, é sintetizado na raiz sob condições anaeróbicas e transportado para a parte aérea, onde é convertido a etileno. Os sintomas característicos de alta produção de etileno tais como epinastia (Jackson e

Campbell, 1976 e Bradford e Dilley, 1978) e formação de raízes adventícias (Massei, 1982) não foram observados em plantas de *Sorghum vulgare* sujeitas à saturação do solo durante 27 dias, portanto não se pode afirmar que esta condição tenha provocado aumento de síntese de etileno na parte aérea, mas se isto ocorreu, o etileno pode ter enfraquecido a dominância apical nestas plantas. Abeles (1973) admite que o papel do etileno como regulador normal do desenvolvimento de gemas axilares não está bem conhecido, mas uma série de citações (Abeles, 1973), mostram um aumento no desenvolvimento de gemas seguido de tratamento com etileno. Outra indicação de que maior disponibilidade de água reduz a dominância apical em sorgo é dada pelo experimento em que a disponibilidade de água no solo foi aumentada em relação ao controle, mas sem saturação do solo. Aqui as plantas cresceram com imersão constante de 1/5 de cada vaso em água. Quando o experimento durou 27 dias as plantas que cresceram em solos mais úmidos apresentaram maior acúmulo de matéria seca, maior número de folhas e gemas iniciadas e maior número de folhas e gemas emergidas. A emergência de gemas se manteve maior com maior umidade do que no controle desde o início do perfilhamento.

Gardner (1942) verificou que para trigo o perfilhamento é significativamente maior quando as plantas crescem com teor de água do solo a 50% do que a 25% de saturação.

As plantas de sorgo que cresceram durante 35 dias em solo com maior teor de água tiveram seu perfilhamento aumentado e maior acúmulo de matéria seca nos perfilhos, sem modificação na matéria seca da parte aérea referente ao eixo principal ou qualquer outro parâmetro. Isto sugere mais uma vez que maior fornecimento de água para plantas de sorgo reduz a dominância apical. Esta redução poderia ser o resultado de um aumento nos níveis endógenos de citocininas e, ou giberelinas.

Pouco se tem pesquisado sobre os efeitos do fotoperíodo na dominância apical de gramíneas.

Em muitas espécies de gramíneas, o perfilhamento é favorecido por condições de dias curtos (Langer, 1974), entre tanto fotoperíodo curto reduziu o perfilhamento em plantas de cevada (Aspinal e Paleg, 1964) ou não teve efeito sobre a iniciação de perfilhos nesta planta (Fairey, *et al.*, 1975). Para plantas de *Lolium temulentum*, Jewiss (1972) verificou uma marcada redução no perfilhamento após período indutivo de dia longo.

As controvérsias existentes na literatura a respeito dos efeitos do fotoperíodo em perfilhamento podem ser devidas às condições de experimentação de cada autor. Em experimentos de campo em condições naturais, por exemplo, geralmente não se pode separar o efeito do comprimento de dia dos da intensidade luminosa e temperatura.

Os experimentos com sorgo foram realizados em casa de vegetação estando as plantas mantidas em dias mais curtos (fotoperíodo natural) e as mantidas em dias mais longos (fotoperíodo de 18 horas) sob condições idênticas de temperatura, intensidade luminosa e duração do fotoperíodo natural.

A condição fotoperiódica natural da primavera pouco afetou o desenvolvimento das plantas, tendo entretanto promovido o crescimento em altura. No inverno, quando a duração do fotoperíodo natural é mais reduzida, a promoção no crescimento das plantas foi mantida no fotoperíodo natural em relação às plantas mantidas em 18 horas de luz. Nesta condição mais extrema de redução do fotoperíodo outros parâmetros também foram afetados. Os dias mais curtos de inverno induziram a floração das plantas de *Sorghum vulgare*, fato que teve como consequência uma redução no número total de folhas iniciadas nesta condição. Parece então que sorgo, cultivar Santa Elisa, seja planta de dias curtos (DC) para floração. Embora a redução causada na emergência dos perfilhos pela condição de dias curtos no inverno não tenha sido significativa, a inibição do crescimento dos perfilhos foi verificada na matéria seca neles presentes. Inibição

do peso seco de perfilhos, acompanhada de promoção de peso seco do restante da parte aérea assim como promoção do crescimento em altura da planta, são bons indícios de que o fotoperíodo curto aumente a dominância apical. Tal efeito seria provavelmente resultado de alterações nos níveis de reguladores endógenos, os quais são modificados por mudanças no fotoperíodo (Vince-Prue, 1975).

O sistema radicular tem um importante papel no metabolismo de nutrientes para a planta. Além disso, já está bem estabelecido que as raízes também suprem hormônios para o caule e que o desenvolvimento e função da parte aérea é regulado, pelo menos em parte, pelos hormônios provenientes do sistema radicular.

Remoção total da raiz seminal em plantas de sorgo, provocou inibição do crescimento em altura e redução tanto do peso seco da parte aérea como das raízes restantes, não afetando outros parâmetros de crescimento. Entretanto, quando a raiz seminal foi removida parcialmente, ocorreu pequena redução no peso seco das raízes restantes, indicando neste caso, uma tendência da planta de compensar esta perda através do crescimento de outras partes do sistema radicular, especialmente através do crescimento de raízes adventícias. Este tratamento está associado a uma redução do perfilhamento por reduzir o número de perfilhos por planta, o número de plantas que apresentaram perfilhos emergidos e o comprimento de P_2 e P_3 .

Esta redução no perfilhamento pode estar associada à redução no nível de reguladores endógenos pela diminuição nos sítios de síntese destes no sistema radicular, uma vez que a tendência em recuperação de peso seco das raízes ocorreu especialmente devido ao crescimento de raízes adventícias bem vigorosas e com poucos eixos e não devido à formação e crescimento de inúmeras raízes laterais a partir do eixo seminal restante que permaneceu na planta.

Rocha (1978) encontrou redução no crescimento da gema

da axila da primeira folha (P_1) em plantas de cevada supridas com nutrientes minerais mas com parte do sistema radicular removido, concluindo que, a redução no crescimento de P_1 poderia ser o resultado da redução nutricional relacionada à absorção de nutrientes e redução no nível endógeno de citocininas.

Anderson - Taylor e Marshall (1983) verificaram que a raiz seminal de plantas de cevada desempenha um papel de extrema importância no suprimento de materiais para o crescimento e desenvolvimento dos perfilhos e este papel pode ser ainda mais importante no caso de perfilhos (primários ou secundários) que aparecem mais tarde no desenvolvimento da planta e que permanecem sem raízes ou que produzem poucas raízes.

Para sorgo, a redução no perfilhamento por remoção parcial da raiz seminal pode estar também relacionada ao suprimento de nutrientes o que por sua vez pode alterar o nível endógeno de substâncias de crescimento.

Redução no número de raízes adventícias também reduz o peso seco da parte aérea e do sistema radicular. Ocorre também um efeito inibidor no perfilhamento, reduzindo o número de perfilhos por planta, número de plantas que apresentaram P_3 emergido, e o comprimento de P_2 e, em menor grau, o de P_3 . Aqui também este efeito pode ser atribuído tanto à redução na absorção de nutrientes como nos níveis de substâncias de crescimento endógenas pela redução dos sítios de síntese, já que o número de eixos foi reduzido à metade. Além disso, redução nos níveis de nutrientes por si só poderia reduzir os níveis endógenos de citocininas, que poderia ser o fator indispensável para o desenvolvimento das gemas axilares.

Duas classes de substâncias de crescimento, citocininas e giberelinas, são conhecidas como tendo no sistema radicular um importante sítio de síntese ou metabolismo. Assim, o efeito inibidor da remoção das raízes poderia agir via redução nos níveis endógenos daquelas substâncias. Entretanto, benzilaminopurina na concentração de $10^{-6}M$ fornecida às plantas de sor

go com seu sistema radicular parcialmente removido, não foi capaz de substituir o efeito das raízes no desenvolvimento da parte aérea e nesta concentração em qualquer tempo de tratamento o número de perfilhos por planta foi reduzido.

Estes efeitos poderiam ser atribuídos a uma forte inibição causada pela benzilaminopurina no desenvolvimento do sistema radicular restante o que conseqüentemente causaria uma redução na absorção de nutrientes minerais, inibindo o desenvolvimento da parte aérea.

Uma série de investigações (Miller, 1961) revelam um efeito inibidor de citocininas na formação e alongamento do sistema radicular. Langer *et al.*, (1973) verificaram forte inibição no crescimento de raiz nodal de plantas de trigo tratadas com cinetina. Estes autores verificaram que tecido imerso em cinetina não produziu novas raízes e as raízes já formadas apresentavam-se amarelas, engrossadas e com ápices marrons. Efeitos semelhantes foram encontrados com o fornecimento exógeno de benzilaminopurina na concentração de 10^{-6} M às plantas de sorgo. Tal inibição na formação e alongamento das raízes pode ter causado uma redução na parte aérea como um todo, mascarando o efeito que a citocinina poderia ter exercido na dominância apical em particular.

Kende e Sitton (*in* Skene, 1975) verificaram que remoção de raízes em plântulas de ervilha causa uma redução no crescimento do caule; entretanto estes autores também não foram capazes de neutralizar a inibição do crescimento do caule com citocinina exógena ou uma combinação de citocinina e giberelina. Já Woolley e Wareing (1972), mostraram que a necessidade da presença da raiz para conversão de estolão natural em ramos com folhas em plantas de *Solanum andigena*, poderia ser substituída por uma citocinina sintética.

Concentrações menores de benzilaminopurina (10^{-7} M e 10^{-8} M) não exercem nenhum efeito inibidor sobre a formação e o alongamento de raízes de plantas de sorgo crescendo em hidropô

nica mas, por outro lado, também não exerceram efeito na parte aérea e as plantas se desenvolvem tão bem quanto as controle.

Embora dados de literatura apontem as citocininas como promotores do desenvolvimento de gemas laterais, liberando-as da inibição correlativa exercida por uma gema apical dominante, com citações em particular para espécies de *Sorghum* (Isbell e Morgan, 1982), em plantas de *Sorghum vulgare* Pers. variedade Santa Elisa não foi possível demonstrar este efeito através de aplicações exógenas do regulador.

Quando as plantas, após tratamento com benzilaminopurina em concentrações mais altas (10^{-5} e 10^{-4} M) cresceram em vermiculita, o teor de matéria seca nos perfilhos foi reduzido, ocorreu também redução no número de perfilhos por planta e na altura das gemas axilares que emergiram em perfilhos. Nestas concentrações, também houve redução na matéria seca total da parte aérea e do sistema radicular, mostrando mais uma vez que este regulador não estava afetando em particular o perfilhamento de plantas de sorgo.

Apesar das aplicações exógenas de 6BA não terem afetado a dominância apical em particular, fatores ambientais tais como a nutrição mineral (aumento no fornecimento de fosfato e redução na disponibilidade de nitrato) e disponibilidade de água, que podem alterar os níveis endógenos de citocininas em várias plantas, afetaram o grau de dominância apical em sorgo, sugerindo que o desenvolvimento de gemas axilares nestas plantas depende, pelo menos em parte, de um nível endógeno adequado de citocinina.

Tratamentos de plantas de sorgo com citocinina exógena fornecida à própria gema, eliminando-se assim seu efeito no sistema radicular ou então fornecimento de outras citocininas menos ativas como cinetina ou zeatina (Rocha, 1978) são sugestões para que o papel da citocinina no desenvolvimento de gemas axilares em *Sorghum vulgare* fique bem estabelecido.

Citocinina nas concentrações de $10^{-5}M$ e $10^{-4}M$ reduziu o comprimento e a largura das folhas que já haviam sido iniciadas no eixo principal no dia do tratamento, não exercendo este efeito em folhas que se iniciaram após o tratamento.

Um efeito exercido nas folhas foi também observado quando as plantas foram tratadas com GA_3 em qualquer concentração testada. O GA_3 reduziu a largura das folhas tendo, ao mesmo tempo, aumentado o comprimento das mesmas. Estes efeitos de citocinina e giberelina se refletiram na altura total da planta. Enquanto a citocinina reduziu, a giberelina aumentou a altura da parte aérea.

Fornecimento exógeno de GA_3 nas concentrações de $10^{-4}M$ e $10^{-5}M$ através das raízes, somente no início do crescimento das plantas, afetou apenas a altura total da planta promovendo seu crescimento apenas no início do experimento.

Quando o GA_3 é fornecido através das folhas com aplicações mais frequentes, embora tenha promovido o crescimento das gemas axilares, estas não foram emergidas na forma de perfilhos, concordando com dados de Johnston e Jeffcoat (1977) para aveia, trigo e cevada onde o GA_3 promoveu o crescimento das gemas, mas sem liberá-las em perfilhos.

As aplicações de GA_3 através das folhas causam um efeito promotor marcante na altura das plantas de sorgo, impossibilitando seu cultivo após 23 dias de crescimento. Este tratamento reduz o peso seco da parte aérea tendendo a reduzir também o peso seco do sistema radicular. Morgan *et al.*, (1977) verificaram que aplicações de GA_3 por várias semanas reduziram drasticamente o perfilhamento e o desenvolvimento de raízes adventícias em *Sorghum bicolor*. Outros dados de literatura mostram que o GA_3 tanto pode promover como inibir o desenvolvimento de gemas laterais, dependendo do fato da gema já ter ou não sido liberada da dominância apical. Wickson e Thimann (1958) verificaram que o GA_3 promove o crescimento de gemas laterais quando estas já foram liberadas da inibição correlativa. Clifford e

Langer (1975) verificaram um efeito promotor deste regulador no crescimento das axilares, enquanto Pharis *et al.*, (1970) observaram que GA₃ mantém a dominância apical em plantas de *Sequoia sempervirens*. Jewiss (1972) e Johnston e Jeffcoat (1977) demonstraram o efeito inibidor do GA₃ sobre o perfilhamento em gramíneas.

Pilet (1965) mostrou que a giberelina promove o transporte de auxina e Scott *et al.*, (1967) mostraram que este regulador melhora a capacidade da auxina substituir a gema apical.

Outras evidências de que giberelina pode agir diferentemente no desenvolvimento de gemas laterais, dependendo da condição da planta, são dados por Phillips (*in* Phillips, 1975). Este autor verificou que giberelina pode agir como antagônico à auxina se estes reguladores forem fornecidos a entrenós totalmente alongados, mas giberelina pode também realçar o efeito inibidor da auxina se o entrenó tratado for jovem e estiver em fase de alongamento. Jacobs e Case (1965) sugerem que giberelinas estão envolvida na manutenção da dominância apical em plantas de ervilha por aumentar as concentrações de auxina fora dos sítios de produção, e possivelmente por aumentar o transporte de auxina.

Morgan *et al.*, (1977) relacionaram a inibição causada pelo GA₃ sobre gemas axilares de *Sorghum bicolor* ao efeito que este regulador exerce sobre a ação de auxina endógena.

As aplicações frequentes de GA₃ em plantas de sorgo, não aumentaram o perfilhamento, provavelmente pelo fato do experimento ter sido encerrado antes disso poder acontecer. As gemas axilares de sorgo estão geralmente inibidas e assim, o efeito promotor de alongamento de GA₃ no eixo principal e axilares foi exercido do modo como ele geralmente o é em caules em desenvolvimento. Portanto, o GA₃ parece não modificar o padrão de dominância apical em *Sorghum vulgare* Pers.

Cloreto de 2-cloroetiltrimetil amônio (CCC), conhecido

do inibidor de síntese de GA₃ (Felippe, 1969) aplicado através das raízes a 2000µg/ml aumentou o número de perfilhos, tendo adiantado o início da emergência destes em relação ao controle. Nesta concentração, o CCC promoveu também a iniciação de gemas axilares não tendo exercido efeito no acúmulo de matéria seca da parte aérea e do sistema radicular. Jones e Phillips (1967) verificaram significativa redução no conteúdo de gibberelina em exudatos de plantas de girassol tratadas com CCC. Os resultados apresentados para *Sorghum vulgare* não sugerem redução nos níveis de geberelina após tratamento com CCC. Apoios para esta conclusão são encontrados no fato de que concentração de CCC (1000 µg/ml) que não modificou o perfilhamento, nem teve efeito no desenvolvimento geral da planta, causou alongamento do eixo principal sendo este, quatro vezes maior que o das plantas controle. Além disso, concentração de 2000µg/ml, que promoveu o perfilhamento, também causou alongamento do eixo principal cerca de duas vezes mais que o controle, um efeito semelhante ao de GA₃ exógeno em sorgo.

Os dados encontrados para CCC 2000µg/ml concordam com Jewiss (1972) que verificou um aumento no perfilhamento após tratamento com CCC, mas neste estudo, Jewiss (1972) verificou que ao mesmo tempo que o CCC aumenta o perfilhamento, reduz o comprimento do eixo principal; efeitos compatíveis com o papel de CCC inibindo a síntese de gibberelinas endógenas.

Se a promoção de perfilhamento por aplicações de CCC em plantas de *Sorghum vulgare* não está relacionada aos níveis endógenos de gibberelinas, é possível que aquela substância, quando fornecida, tenha aumentado os níveis endógenos de citocininas; pois, Skene (1968) verificou que plantas de *Vitis vinifera* tratadas com CCC através das raízes (200ml) na concentração de 1000µg/l continha níveis de substâncias com atividade de citocinínica bem mais altos do que as plantas não tratadas.

Outra indicação de que o CCC pode ter aumentado o nível endógeno de citocinina, além da promoção observada no per

filhamento, é o aumento significativo do número de gemas axilares iniciadas, parâmetro difícil de ser modificado, mostrando que uma maior divisão celular que pode ser o resultado de um aumento nos níveis de citocininas nas gemas.

V - CONCLUSÕES

Pelo estudo realizado aqui sobre desenvolvimento de gemas axilares em plantas de *Sorghum vulgare* Pers. cultivar Santa Elisa, foi possível definir que:

1) As condições nutricionais são de extrema importância para o desenvolvimento destas plantas, tanto que alterações no fornecimento de nitrogênio (aumento ou redução) tem um efeito marcante em vários parâmetros do desenvolvimento. Alguns efeitos provocados por um atraso no fornecimento de nitrogênio mostram que este elemento pode estar implicado na manutenção de níveis ótimos de reguladores endógenos, possivelmente citocininas que seriam responsáveis pela quebra da dominância apical. Aumento no fornecimento de fósforo deve aumentar níveis endógenos de citocinina, aumentando o perfilhamento.

2) Condições de estresse de água, pela redução da disponibilidade de água do solo, reduz o desenvolvimento geral das plantas incluindo o perfilhamento. Aumento na disponibilidade de água para plantas de sorgo determinou aumento na iniciação, emergência e peso seco dos perfilhos. Considerando-se que quando o aumento na irrigação não provoca saturação, os parâmetros relacionados ao eixo principal não são afetados, e quando há saturação eles são inibidos, pode-se dizer que estes tratamentos aumentam o crescimento axilar, reduzindo a dominância apical. Tal efeito poderia ser o resultado de um aumento nos níveis endógenos de citocininas, os quais podem estar condicionados à irrigação (Itai e Vaadia, 1965; 1971).

3) Condições fotoperiódicas que favorecem a floração (fotoperíodo natural durante o inverno) reduzem a matéria seca acumulada nos perfilhos quando comparado com plantas que

creceram sob fotoperíodo mais longo (18h) na mesma época. Uma vez que aquela condição promove acúmulo de matéria seca no ei xo principal assim como aumenta a altura total da planta, po de-se dizer que dias curtos aumentam a dominância apical em sorgo.

4) A raiz seminal é de grande importância para o desenvolvimento dos perfilhos em plantas de sorgo, provavelmente, por produzir maior número de eixos em relação às adventícias, aumentando assim os sítios de síntese de citocinina.

5) Citocinina exógena não foi capaz de substituir o papel que a raiz exerce no desenvolvimento da parte aérea, provavelmente, por inibir o desenvolvimento do sistema radicular, reduzindo a absorção de nutrientes, o que por sua vez causa e feito inibidor no desenvolvimento da planta.

VI - RESUMO

O desenvolvimento de gemas axilares em *Sorghum vulgare* Pers. foi examinado em plantas que cresceram em casa de vegetação. Foi examinado o efeito de condições ambientais (disponibilidade de nitrogênio e fósforo, disponibilidade de água e fotoperíodo) e o papel das raízes no desenvolvimento destas gemas. Verificou-se também o papel de reguladores de crescimento (6-benzilaminopurina, ácido giberélico e cloreto de 2-cloroetiltrimetil amônio) fornecidos exogenamente.

Ausência de nitrogênio ou atraso no fornecimento deste elemento comprometeu o desenvolvimento geral da planta, mascarando o efeito que este nutriente poderia ter exercido na dominância apical em particular. Aumento no fornecimento de nitrato também exerceu efeito inibidor no desenvolvimento da planta, mas com menor intensidade. Aumento no suprimento de fosfato aumentou o número de perfilhos, bem como a matéria seca neles acumulada, sem modificar outros parâmetros de crescimento analisados.

Redução na disponibilidade de água do solo provocou redução no desenvolvimento geral da planta e aumento na disponibilidade de água do solo aumentou o perfilhamento.

Fotoperíodo curto promoveu a floração em *Sorghum vulgare*, e os resultados sugerem que esta condição aumente a dominância apical nesta planta.

A raiz seminal tem importante papel no perfilhamento, mas fornecimento exógeno de 6-benzilaminopurina (6BA) não foi capaz de substituir o efeito das raízes no desenvolvimento da

parte aérea.

6BA nas concentrações $10^{-4}M$, $10^{-5}M$ e $10^{-6}M$ provocou redução nos diversos parâmetros de crescimento analisados, talvez devido a forte inibição causada no desenvolvimento do sistema radicular. 6BA nas concentrações $10^{-7}M$ e $10^{-8}M$ não exerceu efeito no desenvolvimento geral da planta.

Aplicações de cloreto de 2-cloroetiltrimetil amônio (CCC) na concentração de $2000\mu g/ml$ aumentou o número e comprimento de perfilhos, enquanto, aplicações de ácido giberélico (GA_3) não modificou o padrão de dominância apical em sorgo.

VII - BIBLIOGRAFIA

- Abeles, F. B., 1973. "Ethylene in Plant Biology". Academic Press, 302 pp.
- Anderson - Taylor, G. e Marshall, C., 1983. Root-tiller interrelationships in spring barley (*Hordeum districhum* (L.) Lam.). *Ann. Bot.*, 51: 47-58.
- Aspinal, D., 1961. The control of tillering in the barley plant. I. The pattern of tillering and its relation to nutrient supply. *Aust. J. Biol. Sci.*, 14: 493-505.
- Aspinal, D. e Paleg, L. G., 1964. Effects of daylength and light intensity on growth of barley. III. Vegetative development. *Aust. J. Biol. Sci.*, 17: 807-822.
- Avery Jr., G. S., Burkholder, P. R. e Creighton, H. B., 1936. Plant hormone and mineral nutrition. *Proc. N. A. S.*, 22: 673-678.
- Avery Jr., G. S., Burkholder, P. R. e Creighton, H. B., 1937. Nutrient deficiencies and growth hormone concentration in *Helianthus* e *Nicotina*. *Am. J. Bot.*, 24: 553-557.
- Beil, G. M. e Atkins, R. E., 1965. Inheritance of quantitative characteres in grain sorghum. *Iowa St. J. Sci.*, 39: 345-358.
- Bradford, K. J. e Dilley, D. R., 1978. Effects of root anaerobiosis on ethylene production, epinasty and growth of tomato plants. *Plant Physiol.*, 61: 506-509.

- Bradford, K. J. e Yang, S. F., 1980. Xilem transport of 1 - aminocyclopropane - 1 - carboxylic acid, an ethylene precursor, in waterlogged tomato plants. *Plant Physiol.*, 65: 322-326.
- Burrows, W. J. e Carr, D. J., 1969. Effects of flooding the root system of sunflower plants on the cytokinin content in the xilem sap. *Physiol. Plant.*, 22: 1105-1112.
- Cannell, R. Q., 1969. The tillering pattern in barley varieties. II. The effects of temperature, lighth intensity and daylength on the frequency of ocurrence of the coleoptile node and second tillers in barley. *J. Agric. Sci. Comb.*, 72: 423-435.
- Catalano, M. e Hill, T. A., 1969. Relation between gibberellic acid and kinetin in overcoming apical dominance, natural and induced by IAA in tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill. cultivar potentate). *Nature*, 222: 985-986.
- Chu, A. C. P., Mc Pherson, H. G. e Halligan, G., 1979. Recovery growth following water deficit of different duration in prairie grass. *Aust. J. Plant Physiol.*, 6: 225-263.
- Clifford, P. E. e Langer, R. H. M., 1975. Pattern and control of distribution of ¹⁴C - assimilates in reproductive plants of *Lolium multiflorum* Lam. var. *Westerwoldicum*. *Ann. Bot.*, 39: 403-411.
- Dale, J. E., Felipe, G. M. e Fletcher, G. M., 1972. Effects of shading the first leaf on growth of barley plant. I. Long term experiments. *Ann. Bot.*, 36: 385-395.

- Dhillon, S. S., 1978. Influence of varied phosphorus supply on growth and Xilem sap cytokinin level of sycamore (*Platanus occidentalis* L.) seedlings. *Plant Physiol.*, 61: 521-524.
- Evans, L. T., Wardlaw, I. F. e Willians, C. N., 1964. Environmental control of growth. In: "*Grasses and Grasslands*". Ed. C. Barnard, pp. 102-125. Mac-Millan and Co, Ltd., London.
- Fairey, D. T., Hunt, L. A. e Stoskopf, N. C., 1975. Day-length influence on reproductive development and tillering in fergus "barley". *Can. J. Bot.*, 53: 2770-2775.
- Felippe, G. M., 1969. Efeitos do cloreto de 2-cloroetil trimetilamônio (CCC) no desenvolvimento das plantas. *Arqs. Bot. Est. S. Paulo*, 4: 173-186.
- Fletcher, G. M. e Dale, J. E., 1974. Growth of tiller buds in barley. Effects of shade tratment and mineral nutrition. *Ann. Bot.*, 38: 63-74.
- Gardner, J. L., 1942. Studies in the tillering. *Ecology*, 23: 162-174.
- Goldbach, E., Goldbach, H., Wagner, H. e Michael, G., 1975. Influence on N-deficiency on the abscisic acid content of sunflower plants. *Physiol. Plant.*, 34: 138-140.
- Gregory, F. G., 1937. Mineral nutrition of plants. *Annu. Rev. Biochim.*, 6: 557-578.
- Guern, J. e Usciat, M., 1972. The present status of the problem of apical dominance. In: "*Hormonal Regulation in Plant Growth and Development*". Proc. Adv. Study Inst. Ismir., 1971, eds H. Kaldewey and Y. Vardar, pp. 383-400. Verlag Chemie, Weinhein.

- Harrison, M. A. e Kaufman, P. B., 1980. Hormonal regulation of lateral bud (tiller) release in oats (*Avena sativa* L.). *Plant Physiol.*, 66: 1123-1127.
- Harvey, W. R., 1972. Instruction for use of least squares and maximum likelihood. General purpose program. Fixed model version. Ohio State University. 26 p.
- Hsiaio, T. C., 1973. Plant response to water stress. *Annu. Rev. Plant Physiol.*, 24: 519-570.
- Hoagland, D. R. e Arnon, D. I., 1938. The water-culture method for growing plant without soil. *Circ. Calif. Agric. Exp. Stn.*, 347.
- Isbell, V. R. e Morgan, P. W., 1982. Manipulation of apical dominance in sorghum with growth regulators. *Crop Sci.*, 22: 30-35.
- Itai, C., Ben-Zoini, A. e Ordín, L., 1973. Correlative changes in endogenous hormone levels and shoot growth induced by short heat treatment to the root. *Physiol. Plant.*, 29: 355-360.
- Itai, C. e Vaadia, Y., 1965. Kinetin-like ^{activity} in root exudate of water-stressed sunflower plants. *Physiol. Plant.*, 18: 941-944.
- Itai, C. e Vaadia, Y., 1971. Cytokinin activity in water-stressed shoots. *Plant Physiol.*, 47: 87-90.
- Ivory, D. A., e Whitman, P. C., 1978. Effects of temperature on growth of five subtropical grasses. I. Effect on day and night temperature on growth and morphological development. *Aust. J. Plant. Physiol.*, 5: 131-148.

- Jackson, M. B. e Campbell, D. J., 1976. Waterlogging and petiole epinasty in tomato: the role of ethylene and low oxygen. *New Phytol.*, 76: 21-29.
- Jackson, W. T., 1956. Flooding injury studied by approach-graft and split-root system techniques. *Am. J. Bot.*, 43: 496-502.
- Jacobs, W. P. e Case, D. B., 1965. Auxin transport, gibberellin, and apical dominance. *Science*, 148: 1729-1731.
- Jewiss, O. R., 1972. Tillering in grasses - Its significance and control. *J. Br. Grassld Soc.*, 27: 65-82.
- Johnston; G. F. S. e Jeffcoat, B., 1977. Effects of some growth regulators on tiller bud elongation in cereals. *New Phytol.*, 79: 239-245.
- Jones, M. M. e Rawson, H. M., 1979. Influence of rate of development of leaf water deficits upon photosynthesis, leaf conductance, water use efficiency, and osmotic potential in sorghum. *Physiol. Plant.*, 45: 103-111.
- Jones, R. L. e Phillips, I. D. J., 1967. Effects of CCC on the gibberellin content of excised sunflower organs. *Planta*, 72: 53-59.
- Kamangara, T., Durley, R. C., Simpson, G. M. e Stout, D. G., 1982. Drought resistance of *Sorghum bicolor*. 4-Hormonal changes in relation to drought stress in field-grown plants. *Can. J. Plant sci.*, 62: 317-330.
- Kende, H., 1965. Kinetinlike factors in the root exudate of sunflowers. *Proc. N. A. S.*, 53: 1302-1307.

- Kramer, P. J., 1951. Causes of injury to plants resulting from flooding of the soil, *Plant Physiol.*, 26: 722-736.
- Kramer, P. J. e Jackson, W. T., 1954. Causes of injury to flooded tobacco plants. *Plant Physiol.*, 29: 241-245.
- Langer, R. M. H., 1963. Tillering in herbage grasses. *Herbage Abstracts*, 33: 141-148.
- Langer, R. M. H., 1966. Mineral nutrition of grasses and cereals. In: "*The Growth of Cereals and Grasses*", eds. F. L. Milthorpe and J. D. Ivins. Proceedings of the 12th Easter School in Agricultural Science, University of Nottingham, 1965, pp. 213-226. Butterworth and Co., London.
- Langer, R. H. M., 1972. "*How Grasses Grow*", The Institute of Biology's. Studies in Biology, nº 34. Edward Arnold Ltd., London, 60 pp.
- Langer, R. H. M., Prasad, P. C. e Laude, H. M., 1973. Effects of kinetin on tiller bud elongation in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Ann. Bot.*, 37: 565-571.
- Leopold, A. C., 1949. The control of tillering in grass by auxin. *Am. J. Bot.*, 36: 437-440.
- Massei, M. A. S., 1982. Fatores que afetam a iniciação de raízes adventícias em caules de *Lycopersicon esculentum* Mill. Tese de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas.
- McIntyre, G. I., 1964. Mechanism of apical dominance in plants. *Nature*, 203: 1190-1191.
- McIntyre, G. I., 1965. Some effects of the nitrogen supply on the growth and development of *Agropyron repens*. *Weed Res.*, 5: 1-12.

- McIntyre, G. I., 1968. Nutritional control of the correlative inhibition between lateral shoots in the flax seedling, *Linum usitatissimum*. *Can. J. Bot.*, 46: 147-155.
- McIntyre, G. I. e Larmour, S., 1974. The correlative inhibition of bud and shoot growth in flax. Anatomical changes associated with the release of lateral buds from inhibition. *Can. J. Bot.*, 52: 2269-2275.
- Menary, R. C. e Van Staden, J., 1976. Effect of phosphorus nutrition and cytokinins on flowering in tomato, *Lycopersicon esculentum* Mill. *Aust. J. Plant Physiol.*, 3: 201-205.
- Metivier, J. R., 1979. The effects of time of nitrate application upon the growth of barley cultivars of differing endogenous nitrogen levels: longer term experiments. *Ann. Bot.*, 43: 753-764.
- Miller, C. O., 1961. Kinetin and related compounds in plant growth, *Annu. Rev. Plant Physiol.*, 12: 395-408.
- Mitchell, K. J., 1953. Influence of light and temperature on the growth of raygrass (*Lolium* spp). II. The control of lateral buds development. *Physiol. Plant.*, 6: 425-445.
- Morgan, P. W., Miller, F. R. e Quinby, J. R., 1977. Manipulation of sorghum and development with gibberellic acid. *Agron. J.*, 69: 789-793.
- Pharis, R. S., Chung-chikuo e Glenn, J. L., 1972. Gibberellin, a primary determinant in the expression of apical dominance, apical control and geotropic movement of conifer shoots. In: "Plant Growth Substances", 1970, ed. D. J. Carr, pp. 441-448. Springer - Verlag, New York,

- Philips, I. D. J., 1969. Apical dominance. In: "The Physiology of Plant Growth and Development", ed. M. B. Wilkins, pp. 163-202. Mc Grow - Will London.
- Philips, I. D. J., 1971. Effects of relative hormone concentration on auxin - gibberellin interaction in correlative inhibition of axillary buds. *Planta*, 96: 27-34.
- Philips, I. D. J., 1975. Apical dominance. *Annu. Rev. Plant Physiol.*, 26: 341-367.
- Pilet, P. E., 1965. Action of gibberellic acid on auxin transport. *Nature*, 208: 1344-1345.
- Pinthus, M. J. e Meiri, J., 1979. Effects of the reversal of day and night temperatures on tillering on the elongation of stems and leaf blades of wheat. *J. Exp. Bot.*, 30: 319-326.
- Reid, D. M., Crozier, A. e Harvey, B. M. R., 1969. The effects of flooding on the export of gibberellins from the root to the shoot. *Planta*, 89: 376-379.
- Rocha, R. F., 1978. Growth substances and tiller development in barley. Ph. D. Thesis, University of Edinburgh.
- Sachs, T. e Thimann, K. V., 1964. Release of lateral buds from apical dominance. *Nature*, 201: 939-940.
- Sachs, T. e Thimann, K. V., 1967. The role of auxin and cytokinins in the release of buds from dominance. *Am. J. Bot.*, 54: 136-144.
- Salama, A. M. S. El - D. A. e Wareing, P. F., 1979. Effects of mineral nutrition on endogenous cytokinins in plants of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *J. Exp. Bot.*, 30: 971-981.

- Scott, T. k., Case, D. B. e Jacobs, W. P., 1967. Auxin, gibberellin interaction in apical dominance. *Plant Physiol.*, 42: 1329-1333.
- Sharif, R. e Dale, J. E., 1979. The growth and the distribution of radioactivity in barley seedlings treated with ^{14}C - labelled benzilaminopurine. *Rev. Bras. Bot.*, 2: 129-132.
- Sharif, R. e Dale, J. E., 1980a. Growth regulating substances and the growth of tiller buds in barley; Effects of cytokinins. *J. Exp. Bot.*, 31: 921-930.
- Sharif, R. e Dale, J. E., 1980b. Growth regulating substances and the growth of tiller buds in barley: Effects of IAA and GA_3 . *J. Exp. Bot.*, 31: 1191-1197.
- Skene, K. G. M., 1968. Increase in the levels of cytokinins in bleeding sap of *Vitis vinifera* L. after CCC treatment. *Science*, 159: 1477-1478.
- Skene, K. G. M., 1975. Cytokinins production by roots as a factor in the control of plant growth. In: "*The Development and Function of Roots*", eds J. G. Torrey and D. T. Charkson. Academic Press. pp. 365-396.
- Steel, R. G. D. e Torrie, J. H., 1960. "*Principles and Procedures of Statistics*", Mc Graw-Hill Book Company, INC. 481 pp.
- Stout, D. G., Kannangara, T. e Simpson, G. M., 1978. Drought resistance of *Sorghum bicolor*. 2-Water stress effects on growth. *Can. J. Plant Sci.*, 58: 225-233.
- Stout, D. G. e Simpson, G. M., 1978. Drought resistance of *Sorghum bicolor*. 1 - Drought avoidance mechanism related to leaf water status. *Can. J. Plant Sci.*, 58: 213-224.

- Sutcliffe, J. F. e Baker, D. A., 1974. "Plants and Mineral Salts". Studies in biology. n° 48. Edward Arnold. Londres. 60 pp.
- Thimann, K. V., 1937. On the nature of inhibition caused by auxin, *Am. J. Bot.*, 24: 407-412.
- Thimann, K. V., Sachs, T. e Mathur, K. N., 1971. The mechanism of apical dominance in *Coleus*. *Physiol. Plant.*, 24: 68-72.
- Thimann, K. V. e Skoog, F., 1933. Studies on the growth hormone of plant. III. The inhibiting action of the growth substance on bud development. *Proc. Nat. Acad. Sci.*, 19: 714-716.
- Thoughton, A., 1967. The effects of nutrition mineral on the distribution of growth in *Lolium perene*. *Ann. Bot.*, 31: 447-457.
- Vince - Prue, D., 1975. "Photoperiodism in Plants". McGraw-Hill Book Company (UK) Limited. London. 444 pp.
- Wagner, V. H. e Michael, G., 1971. The influence of varied nitrogen supply on production of cytokinins in the roots of sunflower plants. *Biochem. Physiol. Pflanzen.*, 162: 147-158.
- Webster, O. J., 1965. Genetic studies in *Sorghum vulgare* (Pers). *Crop. Sci.*, 5: 207-210.
- Wickson, M. e Thimann, K. V., 1958. The antagonism of auxin and kinetin in apical dominance. *Physiol. Plant.*, 11: 62-74.
- Wickson, M. e Thimann, K. V., 1960. The antagonism of auxin and kinetin in apical dominance. II. The transport of IAA in pea stems in relation to apical dominance. *Physiol. Plant.*, 13: 539-554.

Woolley, D. J. e Wareing, P. F., 1972. The role of roots, cyto kinins and apical dominance in the control of lateral shoot form in *Solanum andigena*. *Planta*, 105: 33-42.

Wright, S. T. C. e Hiron, R. W. P., 1972. The accumulation of abscissic acid in plants during wilting and under stress condition. In: "Plant Growth Substances". 1970, ed D. J. Carr, pp. 291-298. Springer Berlin.