

COMPORTAMENTO DO SORGO SACARINO (*Sorghum bicolor* (L.) Moench),
SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE RADIAÇÃO SOLAR GLOBAL.

MÁRIO BENINCASA, MARGARIDA M.P. BENINCASA, RUTÊNIO J. LATANZE,

PAULO A. BERLINGIERI, MARCOS ANTONIO BACARIN

Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Jaboticabal
14.870 - Jaboticabal - SP.

INTRODUÇÃO

Culturas submetidas a variações diárias de radiação solar interagem a cada instante com estas variações resultando em contínuas modificações do microclima, principalmente luz, temperatura e disponibilidade de água. As interações que se estabelecem ao longo do desenvolvimento da cultura não são fáceis de serem estabelecidas porque exigem a participação de especialistas em diferentes áreas de conhecimento científico como a Física, a Meteorologia, a Fisiologia e Morfologia e Bioquímica de Plantas, Matemática, Estatística, etc., relacionando-se mutuamente. Estudos de relações entre aspectos biológicos específicos e algumas variáveis físicas do ambiente fornecem informações valiosas para a compreensão dos processos fisiológicos associados, desde que sejam observados os limites de sua aplicabilidade quando se pretende analisar o comportamento da cultura como um todo, como admitem BREEN et alii (1) ao estabelecerem a amplitude de variação em taxas de fotossíntese líquida de folhas de plantas C_3 e C_4 em diferentes estágios de crescimento sob crescentes concentrações de CO_2 no ar e alta luminosidade. Com relação a respostas de plantas à luz incidente sobre as folhas, considerando os seus efeitos sobre fotossíntese e fotomorfogênese, VOGELMANN & BJORN (9) concluem que os tecidos vegetais concentram luz por reflexão e dispersão interna, de tal forma que a quantidade de luz no seu interior, medida em unidades de energia ou em número de ftons por unidade de área, pode exceder a quatro vezes àquela incidente sobre eles, dependendo da estrutura destes tecidos que é bastante variável, principalmente no transcórper do crescimento das folhas. Sob este aspecto, LUGG & SINCLAIR (6) verificaram que em soja, a espessura das folhas de diferentes cultivares foi parcialmente dependente dos níveis de radiação solar sob os quais as folhas se desenvolveram, embora as respostas variassem entre os diferentes cultivares estudados.

Assim, sob variação contínua de irradiância solar é de se esperar diferentes relações entre os vários processos fisiológicos cuja expressão se modifica ao longo do ciclo, em função das múltiplas interações planta-ambiente, afetando de forma mais ou menos intensa os inúmeros mecanismos bioquímicos e biofísicos envolvidos.

O presente trabalho é parte de um programa de pesquisa delineado desde 1972, cuja finalidade é comparar o comportamento de culturas sob diferentes condições de variação da radiação solar global. Estudou-se especificamente a cultura de sorgo sacarino, *Sorghum bicolor* (L.) Moench, a partir de relações de acúmulo de matéria seca, desenvolvimento da área foliar e teor de carboidratos solúveis.

MATERIAL E MÉTODOS

O equipamento usado para modificação de irradiância solar global, descrito com detalhe por BENINCASA (2), constitui-se na simulação em terreno de uma bacia hidrográfica com forma aproximadamente elíptica, com o eixo principal no sentido leste-oeste, com 68,0 m de comprimento e eixos secundários com 24,0 m. Deste modo definem-se superfícies inclinadas com exposições norte e sul e declividades de 10, 20, 30, 40 e 50%, além da superfície horizontal. Cada superfície é limitada lateralmente por paredes de alvenaria de tijolos, definindo-se caixas com dimensões internas de 3,00 m no sentido leste-oeste e 3,50 m no sentido da declividade e 0,50 m acima do solo. Cada caixa apresenta um sistema de drenagem a fim de eliminar eventuais excessos de água, através de um condutor orientado para o escoradouro principal da bacia. As caixas foram preenchidas com terra retirada de área não cultivada, sob vegetação natural, após ter sido homogenizada e peneirada. A adubação foi feita à base de sulfato de amônio, superfosfato simples e cloreto de potássio na fórmula 4-30-16 e em quantidade equivalente a 300 kg/ha, aplicado a 5 cm de distância da linha de semeadura e a 4 cm de profundidade, às vésperas de cada plantio.

Foram instalados dois experimentos, o primeiro em dezembro de 1986 (Exp. 1) e o segundo, em setembro de 1987 (Exp. 2), utilizando-se três grãos por cova a 3,00 cm de profundidade, com espaçamento de 0,10 m entre covas e de 0,50 m entre linhas LEITE (5), definindo-se em cada caixa 7 linhas com 30 covas.

A radiação solar global foi medida diariamente com piranômetro marca Eppley na horizontal e estimada para cada declividade e exposição, usando metodologia apresentada por LATANZE et alii (4). A temperatura do solo foi medida a 5,00 cm de profundidade, em cada declividade e na horizontal, diariamente com geotermômetro de mercúrio e vidro marca Fuess, nos horários das 7.00, 10.00, 13.00, 15.00 e 18.00 horas.

O comportamento da cultura foi avaliado a partir de determinações de matéria seca e estimativas de área foliar e teor de carboidratos solúveis com amostragens semanais a partir do 19º dia após o plantio, até o final do ciclo, em cada experimento; a estimativa da área foliar foi feita de acordo com BENIN CASA et alii(3). O teor de carboidrato foi determinado usando-se o método do fenol-sufúrico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Serão apresentados e discutidos os resultados médios por exposição e na horizontal para todos os aspectos estudados, em cada experimento. Assim verifica-se que no Exp. 1, a radiação global recebida mensalmente na horizontal e na exposição norte foi menor em fevereiro e maior em março, indicando a influência de maior insolação neste mês e menor em fevereiro (Quadro 1). As diferenças entre a maior e menor quantidade de radiação foram aproximadamente 20 e 25% para H e N, respectivamente; com relação à sul, a maior quantidade foi recebida em janeiro e a menor, como nas outras duas, em fevereiro, com menor amplitude de variação, 17%. Estes resultados indicam que as plantas crescendo em cada uma das condições, H, N e S estiveram, ao longo do ciclo sob diferentes condições de variação de radiação solar global. Ao se comparar N e S e estas com H, verifica-se que em dezembro e janeiro a irradiância solar foi maior em S do que em N, invertendo-se nos meses de fevereiro e março, sendo que a maior diferença entre as duas ocorreu no último mês quando a cultura se apresentava no estágio reprodutivo. A horizontal foi superior às duas exposições nos três primeiros meses, com valores próximos à S nos dois primeiros e próximos à N nos dois últimos; no 2º experimento a quantidade de radiação aumentou de setembro a janeiro em todas as condições, diminuindo em fevereiro e voltando a aumentar em março. Verifica-se a inversão de maior quantidade de irradiância ao longo do período de observação entre as exposições N e S e entre estas e a horizontal.

As variações de temperatura do solo (Quadro 2) refletem as variações de irradiância solar observadas no Quadro 1, ainda que as diferenças sejam menos acentuadas, em função da presença da cultura, atenuando os efeitos da radiação solar sobre o solo. Comparando-se o mês de dezembro de cada experimento, verifica-se que no 1º, as temperaturas foram mais elevadas do que no 2º, apesar de ter ocorrido o inverso com a radiação, evidenciando a interferência da cultura em fase inicial de crescimento no 1º e em fase de crescimento máximo no 2º.

Considerando que as lâminas foliares são as principais responsáveis pela interceptação de radiação solar, embora apenas uma pequena fração desta seja utilizada para a fotossíntese, da qual depende cerca de 90% ou mais da matéria seca produzida, foi estudada a relação entre estes dois aspectos de crescimento (Fig. 1 e 3a). Sendo o colmo do sorgo sacarino, o principal órgão de reser

va desta planta (na forma de sacarose), a relação entre o crescimento do colmo e a matéria seca total também foi estudada (Fig. 2 e 3b).

A relação de crescimento entre área foliar e matéria seca total apresentou um mesmo padrão nas exposições norte e na horizontal, sendo que nesta, o crescimento foi mais vigoroso do que nas duas exposições, tanto em área foliar quanto em matéria seca total, cuja relação se ajustou a uma equação de regressão de 3º grau, assim como na N. A sul apresenta uma equação de 2º grau. Verifica-se ainda que os picos de área foliar corresponderam a maiores quantidades de matéria seca total em H e S e é possível que este fato esteja relacionado à maior quantidade de radiação solar recebida nos dois primeiros meses do crescimento na S e nos 3 meses na H. Entretanto N mostra maior eficiência da área foliar em produzir matéria seca. Os valores de r^2 (Quadro 3) foram significativos ao nível de 0,1% para H e N e ao nível de 0,05% para S. A relação entre matéria seca de colmo e matéria seca total (Fig. 2) no Exp. 1, mostra padrões semelhantes entre N e S, além de pouca variação entre a fração do total de matéria seca acumulada no colmo. A horizontal entretanto, além de mostrar linearidade entre colmo e total, acumulou maior quantidade de matéria seca no colmo do que as duas exposições, embora a fração de matéria seca acumulada no final do ciclo tenha sido em torno de 50% nas três condições. Estes resultados indicam que na horizontal a cultura esteve sob condições mais favoráveis de crescimento porém o potencial dos colmos como centros de consumo não foi afetado, indicando menor plasticidade dos mecanismos envolvidos nestes processos, sob as condições impostas.

No experimento 2, verifica-se ainda maior crescimento da cultura na horizontal, porém a relação entre área foliar e matéria seca total (Fig. 3a) manteve o mesmo padrão para as três condições. Verifica-se entretanto que N mostra, como no Exp. 1, maior eficiência fotossintética, considerando-se que para uma mesma quantidade de matéria seca produzida utilizou menor área foliar do que S e menor ainda do que H. A relação entre matéria seca do colmo e matéria seca total (Fig. 3b) indica também o mesmo padrão de crescimento para as três condições assim como não se verifica variação na fração de matéria seca retida no colmo.

Quanto ao teor de carboidratos (Fig. 4) verifica-se que no Exp. 1, H e N apresentam pouca variação até os 54 dias após o plantio, aumentando os teores a partir desta fase (reprodutiva), sendo que H apresenta teores levemente superiores. Na sul, a variação foi pequena durante todo o período de observação. No Exp. 2 verifica-se comportamento semelhante, isto é, teores mais baixos até aproximadamente os 110 dias após o plantio elevando-se a partir desta fase, também reprodutiva.

Em termos de padrão de crescimento, as variações de condições em cada experimento e entre os dois não foram muito efetivas para causar modificações drásticas quanto aos aspectos estudados. A análise conjunta dos dois experimentos permite verificar que: no plantio em setembro/87, o ciclo da cultura se estendeu por trinta dias; H foi superior às exposições, nos dois experimentos, em

produção de matéria seca, sendo a diferença bastante superior no Exp. 1; a produção de matéria seca no Exp. 2, foi superior à do Exp. 1, além de maior eficiência em reter material nos colmos; em ambos os experimentos, H e N apresentaram teores semelhantes de carboidratos solúveis, e superiores à S; os teores de carboidratos solúveis foram superiores no 1º experimento, sendo as diferenças mais acentuadas na fase reprodutiva. É possível que a temperatura do solo, e conseqüentemente a do ar no interior e acima da cultura, mais elevada ao longo do período de observação, no Exp. 1, tenha contribuído de forma efetiva para diminuir o teor de carboidratos solúveis, os quais podem ter sido usados para respiração de manutenção (SHARPE, (7); SMAKMANN & HOFSTRA, (8)), resultando em maior crescimento da cultura no Exp. 2.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- (1) BREEN, P.J.; HESKETH, J.D. & PETERS, D.B. Field measurements of leaf photosynthesis of C₃ and C₄ species under high irradiance and enriched CO₂. Photosynthetica, 20:281-286, 1986.
- (2) BENINCASA, M. Efeito de rampas com diferentes declividades e exposições norte e sul de uma bacia hidrográfica sobre o microclima e produtividade biológica do *Sorghum bicolor* (L.) Moench. Jaboticabal, SP, FCAV/UNESP, 1976. 109p. (Tese de Livre-Docência).
- (3) BENINCASA, M.M.P.; BENINCASA, M.; LATANZE, R.J.; FERNANDES, E.J.; PAVANI, L.C.; GALBIATTI, J.A. Emergência e crescimento inicial de sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench sob diferentes exposições do terreno. Científica, 16:157-172, 1988.
- (4) LATANZE, R.J.; BENINCASA, M.; LOPES, L.R. Bacia Hidrográfica Experimental. 2. Estimativa da radiação solar incidente sobre superfícies com diferentes orientações. Anais do XVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, IAC/DEA-Jundiaí, 13 a 17 de julho de 1987.
- (5) LEITE, I.C. Estudo comparativo do crescimento e de algumas características agrônômicas de três cultivares de sorgo sacarino, *Sorghum bicolor* (L.) Moench em diferentes espaçamentos. Jaboticabal, FCAV/UNESP, 103p. 1982. (Dissertação de Mestrado).
- (6) LUGG, D.G. & SINCLAIR, T.R. Seasonal changes in morphology and anatomy of field-grown soybean leaves. Crop Science, 20:191-196, 1980.
- (7) SHARPE, P.J.H. Responses of photosynthesis and dark respiration to temperature. Annals of Botany, 52:325-343, 1983.
- (8) SMAKMAN, G. & HOFSTRA(J.J.)R. Energy metabolism of *Plantago lanceolata*, as affected by change in root temperature. Physiologic Plantarum, 56:33-37 . 1982.
- (9) VOGELMANN, T.C. & BJORN, L.O. Plants as light traps. Physiologia Plantarum, 68:704-708, 1986.

QUADRO 1 - Radiação solar global mensal (cal/cm^2) recebida nas exposições norte (N), sul (S) e na horizontal (H) cultivado com sorgo sacarino plantado em dezembro/86 (Exp. 1) e setembro/87 (Exp. 2).

Mês	Radiação solar (cal/cm^2)		
	N	S	H
Exp. 1			
Dez/86	12.315,13	13.544,26	13.567,77
Jan/87	12.902,45	14.104,45	14.178,78
Fev/87	11.908,65	11.697,77	12.372,08
Mar/87	16.011,30	13.346,33	15.396,60
Exp. 2			
Set/87	12.319,24	9.375,45	11.307,30
Out/87	13.858,88	12.548,74	13.876,80
Nov/87	14.207,65	14.956,05	15.255,90
Dez/87	13.860,93	15.599,64	15.499,35
Jan/87	15.916,47	17.332,32	17.459,55
Fev/87	12.597,52	12.157,06	12.956,10
Mar/87	15.585,34	12.673,44	14.848,80

Quadro 2 - Temperatura média mensal do solo ($^{\circ}\text{C}$) a 5 cm de profundidade ao longo do ciclo do sorgo sacarino plantado em dezembro/86 (Exp. 1) e setembro/87 (Exp. 2) nas exposições norte (N), sul (S) e horizontal (H).

Mês	Exposição	Hora do dia				
		7.00	10.00	13.00	15.00	18.00
Exp. 1						
Dez/86	N	22,1	24,1	28,9	31,0	30,2
	S	22,2	24,7	30,0	31,7	30,8
	H	21,8	24,2	31,6	31,6	30,6
Jan/87	N	22,9	24,4	29,1	31,5	31,7
	S	23,0	25,3	29,1	30,8	31,4
	H	23,0	25,1	31,0	32,7	32,7
Fev/87	N	21,7	23,2	26,2	27,6	29,2
	S	21,7	23,1	26,2	27,4	28,5
	H	21,4	22,7	25,7	27,2	28,8
Mar/87	N	21,1	23,5	27,4	29,1	30,1
	S	20,7	23,2	26,7	28,5	28,6
	H	20,6	22,9	26,2	27,9	28,8
Exp. 2						
Out/87	N	21,5	25,9	32,1	32,6	30,0
	S	20,9	26,1	32,1	32,2	29,5
	H	21,3	25,9	32,7	33,4	30,6
Nov/87	N	21,9	23,5	27,8	29,4	29,5
	S	21,6	24,1	28,5	29,7	30,6
	H	22,0	23,5	27,9	30,6	30,8
Dez/87	N	22,5	24,0	26,8	28,5	28,9
	S	22,6	24,0	26,9	29,3	30,2
	H	22,7	23,9	26,3	29,6	29,9
Jan/87	N	24,5	25,8	29,9	32,2	34,0
	S	24,5	25,4	29,7	31,5	34,1
	H	24,8	25,5	28,5	30,7	33,2

Quadro 3 - Relação das equações de regressão polinomial representadas nas figuras de 1 a 3.

Figura		Equação	r^2
1	H	$y = -6,319 + 2,203 x - 0,049 x^2 - 0,0003 x^3$	0,89
	N	$y = -9,295 + 0,481 x - 0,094 x^2 - 0,010 x^3$	0,79
	S	$y = 8,836 + 0,670 x - 0,012 x^2$	0,42
2	H	$y = -5,148 + 0,624 x$	0,99
	N	$y = -1,454 + 0,216 x + 0,015 x^2 - 0,0001 x^3$	0,99
	S	$y = -0,987 + 0,148 x + 0,015 x^2 - 0,0001 x^3$	0,99
3a	H	$y = 0,941 + 0,016 x - 0,022 x^2 - 0,0008 x^3$	0,78
	N	$y = -0,309 + 1,171 x - 0,032 x^2 - 0,0005 x^3$	0,69
	S	$y = 1,137 + 1,625 x - 0,034 x^2 - 0,0002 x^3$	0,90
3b	H	$y = 1,465 + 0,392 x - 0,020 x^2 - 0,0001 x^3$	0,93
	N	$y = 0,983 + 0,252 x - 0,020 x^2 - 0,0001 x^3$	0,99
	S	$y = 0,983 - 0,252 x - 0,020 x^2 - 0,0001 x^3$	0,99

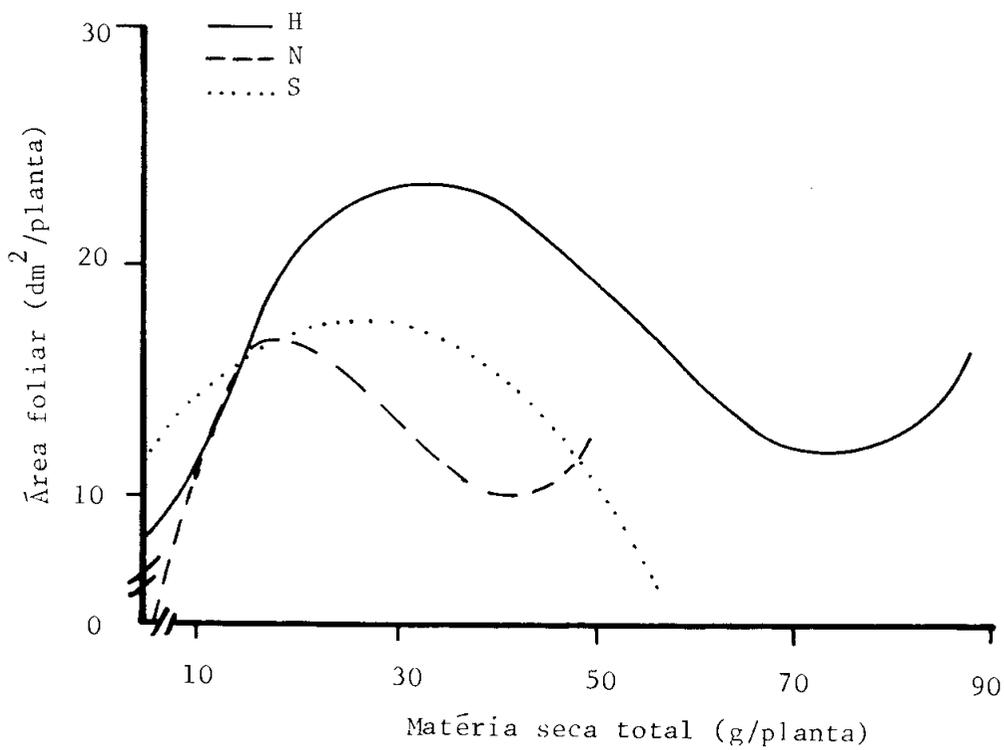


Figura 1 - Representação gráfica das equações de regressão polinomial entre a marcha de acúmulo de matéria seca total e a variação da área foliar do sorgo sacarino no Experimento 1(Dez/86) nas exposições norte (N), sul (S) e na horizontal (H).

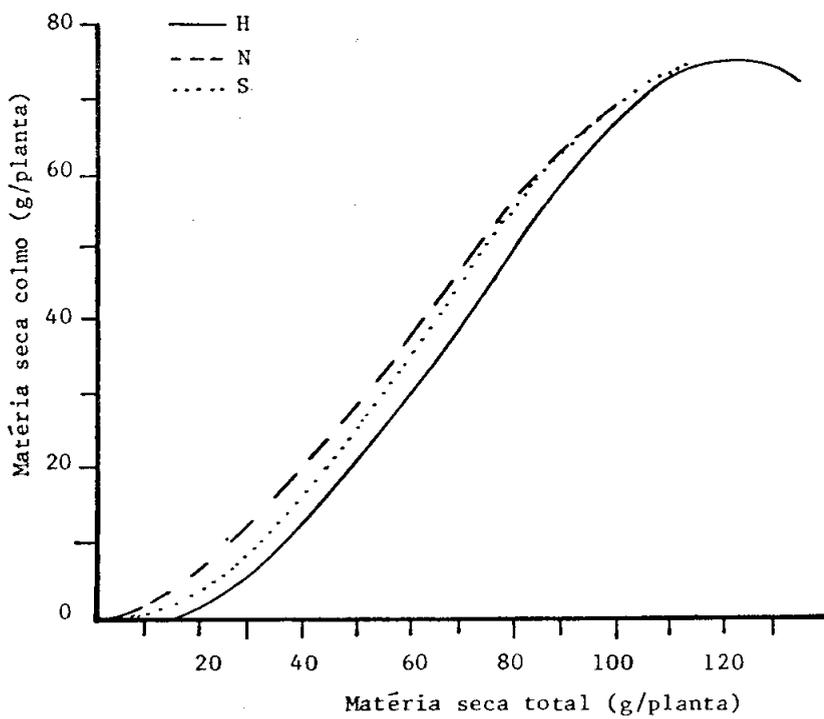
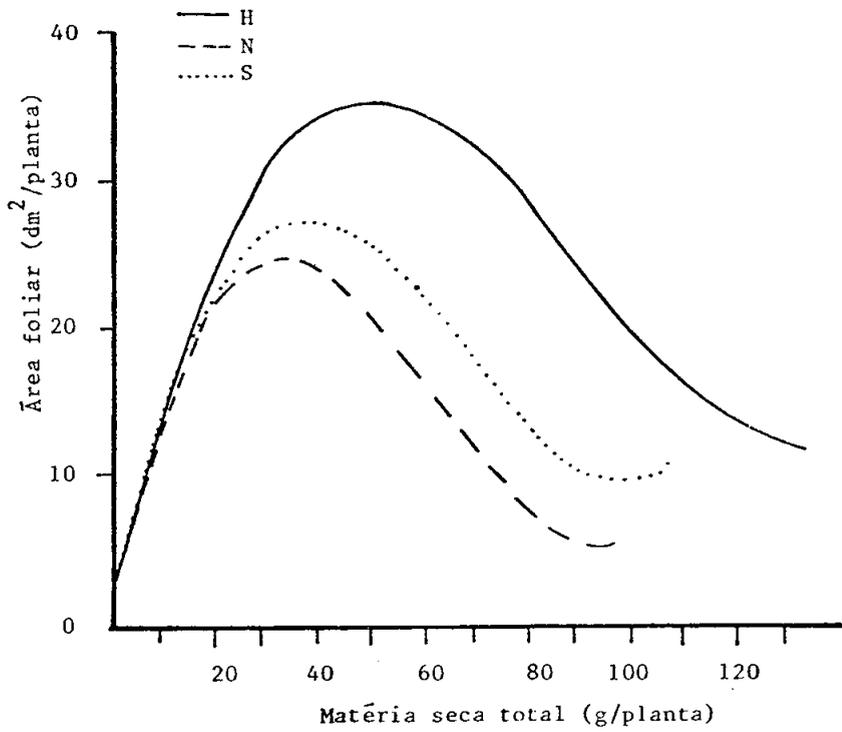


Figura 3 - Representação gráfica das equações de regressão polinomial entre a marcha de acúmulo de matéria seca total e a variação de área foliar (a) e matéria seca (b) do sorgo sacarino no Experimento 2 (Set/87) nas exposições norte (N), sul (S) e na horizontal (H).

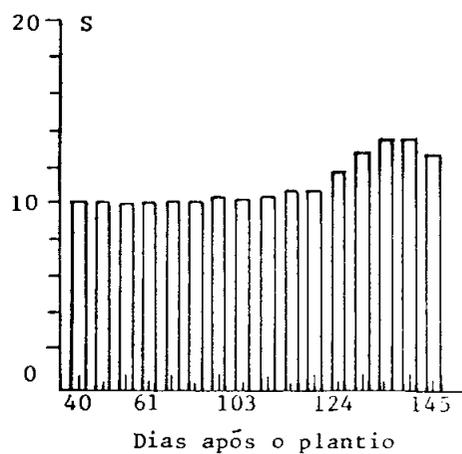
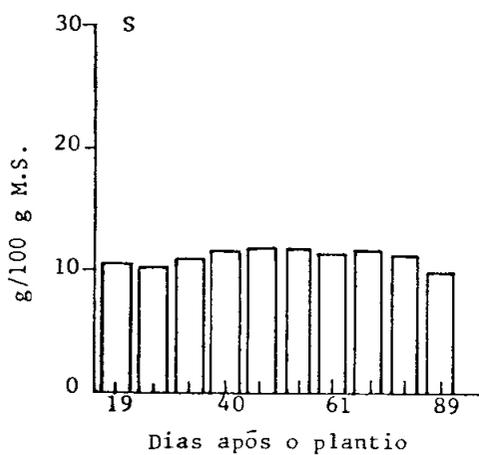
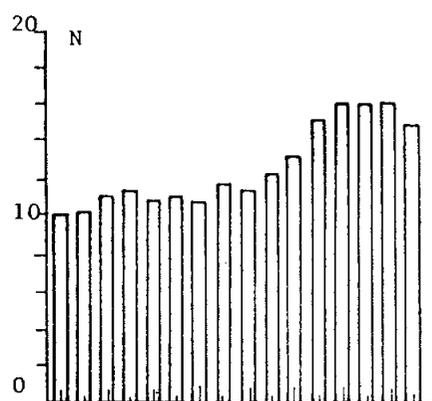
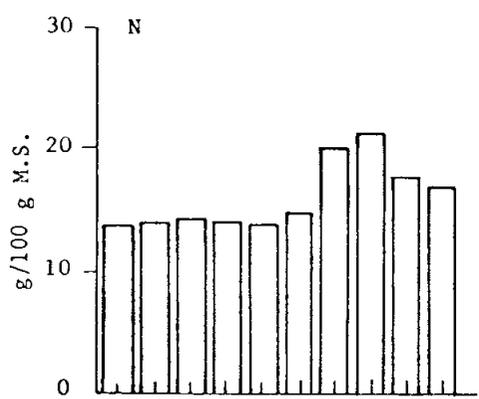
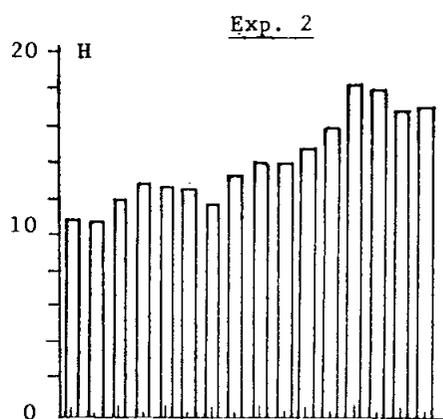
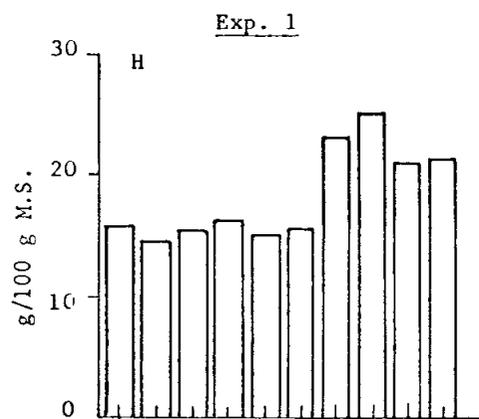


Figura 4 - Teor de carboidratos solúveis (g/100 g MS) na parte aérea do sorgo sacarino ao longo do ciclo, plantio em Dez/86 (Exp. 1) e plantio em Set/87 (Exp. 2) nas exposições norte (N), sul (S) e na horizontal(H).

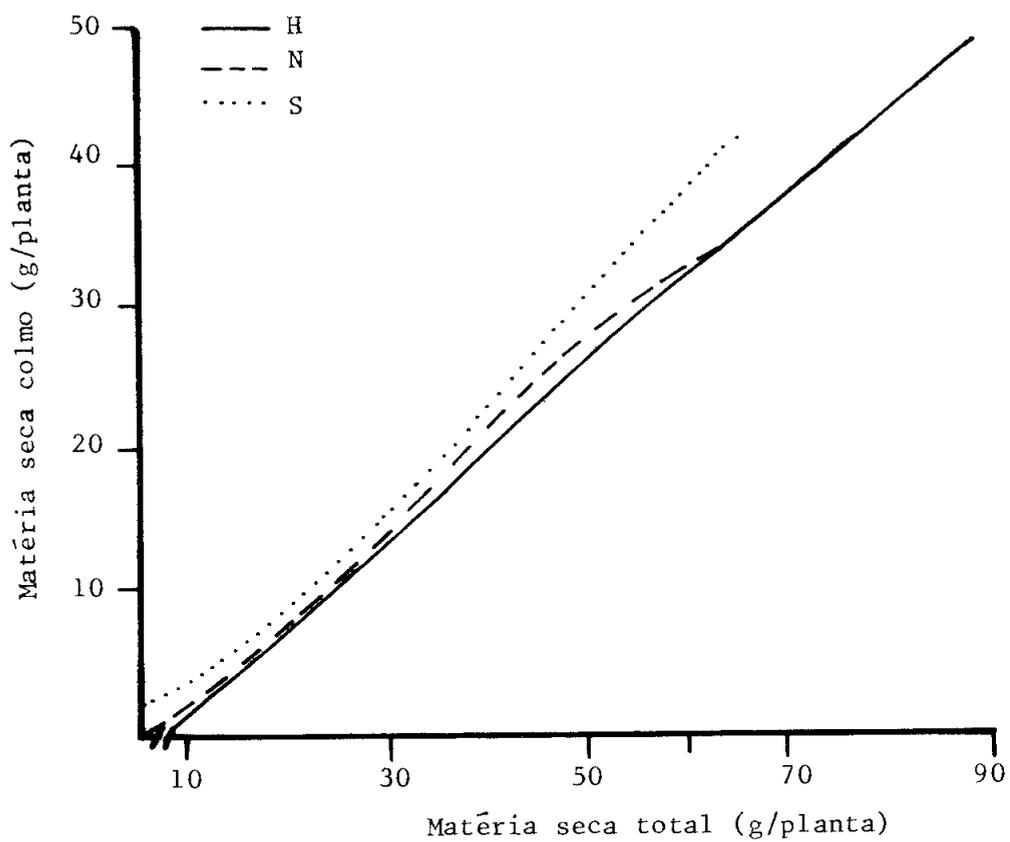


Figura 2 - Representação gráfica das equações de regressão polinomial entre a marcha de acúmulo de matéria seca total e de matéria seca do colmo do sorgo sacarino no Experimento 1 (Dez/86), nas exposições norte (N) e sul (S) e na horizontal (H).