

CHUVA E PRODUTIVIDADE DA SOJA NA FAZENDA EXPERIMENTAL GALHA AZUL DA PUCPR

*Accumulated rainfall versus soybean productivity in the Galha
Azul Experimental Farm – PUCPR*

*Roberto Fendrich**

Resumo

O objetivo do presente estudo foi determinar a influência da precipitação pluvial na produtividade da soja, nas condições ambientais da Fazenda Experimental Galha Azul da PUCPR, visando a avaliar a pertinência, ou não, de implantação de irrigação para se atingir maior produtividade da cultura.

Palavras-chave: Soja, Chuva, Produtividade da Cultura.

Abstract

The objective of the present study was to determine the influence of the pluvial precipitation to soybean productivity in the environmental conditions of the Galha Azul Experimental Farm - PUCPR, aiming to evaluate the necessity, or not, of irrigation to reach greater crop productivity.

Keywords: Soybean, Rain, Crop productivity.

* Professor Titular do Curso de Engenharia Civil da PUCPR. Professor Adjunto do Departamento de Hidráulica e Saneamento – DHS da UFPR.
Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUCPR, Rua Imaculada Conceição, n.º 1155, Prado Velho, Curitiba – PR, CEP 80215-901.
E-mail: intec@rla13.pucpr.br

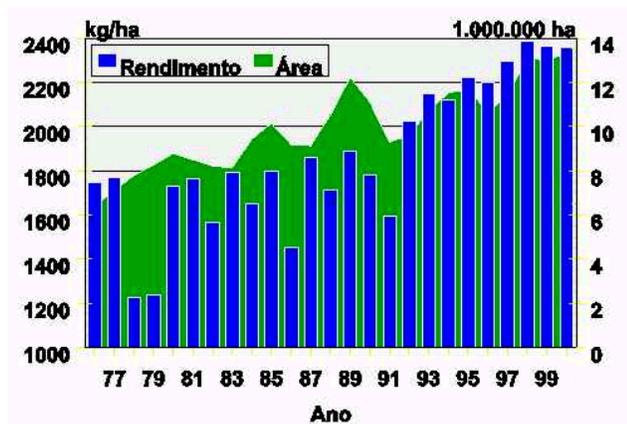
Introdução

São várias as atividades econômicas que constituem o complexo agroalimentar, destacando-se entre elas a cadeia agroindustrial da soja. O setor produtivo é a essência de toda cadeia, pois é a produção que movimenta e interliga todos os demais segmentos. A cadeia agroindustrial da soja brasileira sempre foi considerada um exemplo de sucesso no mercado mundial.

O crescimento da produção e do esmagamento da soja, na década de 70, foi tão rápido que colocou o Brasil como o primeiro exportador mundial do farelo de soja, tendo perdido recentemente essa posição para a Argentina, e é o segundo exportador mundial de soja em grão.

Uma das principais causas da variação da produtividade da soja no Brasil tem sido a ocorrência de déficit hídrico. Pela Figura 1, pode-se observar quedas na produtividade média da soja no Brasil nas safras 1977/78, 78/79 e 85/86, com perdas de 31%, 30% e 22%, respectivamente, causadas pela deficiência hídrica naqueles anos.

FIGURA 1 - Produtividade média e área cultivada com soja no Brasil nas safras de 1975/76 a 1999/00



A água constitui aproximadamente 90% do peso da planta, atuando em, praticamente, todos os processos fisiológicos e bioquímicos. Desempenha a função de solvente, por meio do qual gases, minerais e outros solutos entram nas células e movem-se na da planta. Tem ainda, papel importante na regulação térmica da planta, agindo tanto no resfriamento como na manutenção e distribuição do calor.

Para determinar as influências da chuva na produtividade da soja, o estudo objetivou ava-

liar as condições da relação entre a produtividade de soja e precipitação acumulada na região do Município de Fazenda Rio Grande – PR, onde está localizada a Fazenda Experimental Gralha Azul da PUCPR, verificando a possível necessidade de implantar sistema de irrigação na cultura de soja, visando obter sua maior produtividade.

Cultura da Soja

A soja é uma leguminosa com alta capacidade de fixar nitrogênio atmosférico por simbiose, raramente tendo necessidade da suplementação de nitrogênio via adubação.

A cultura é feita em condições de clima quente nos trópicos, subtropicais e regiões temperadas, porque a soja é bem resistente as temperaturas altas e baixas. Sabe-se, porém, que seu crescimento fica afetado por temperaturas menores que 18°C e maiores que 35°C. Em algumas variedades, a floração pode atrasar se a temperatura média diária estiver abaixo dos 24°C. Seu crescimento praticamente cessa a 10°C, mas temperaturas do ar acima de 15°C já garantem sua produção comercial. Apenas 25 a 30% das flores produzem vagens, e este número depende do vigor da planta no período do florescimento. De ano para ano, variações na temperatura média podem afetar a porcentagem de frutificação das vagens.

A planta é sensível às condições de solo saturado, este devendo ser bem drenado e arejado. O sistema radicular da soja é bem superficial. Medidas feitas indicam que cerca de 80% do seu peso se encontram na camada 0-15 cm e que mais de 90% se encontram na zona arável (0-30 cm). A raiz principal pivotante, porém, em condições favoráveis, pode alcançar profundidades maiores que 1 m. As raízes mais profundas, apesar de em menores quantidades, parecem ter uma atividade importante. Perfis de umidade de solo indicam que até 50 cm de profundidade, a extração de água pela soja é muito grande, cerca de 80 a 90% da evapotranspiração real (ET_r) vem desta camada.

Dentro de limites, a soja mostra uma notável capacidade de se adaptar a déficit de água. Ao que tudo indica, o déficit de água no período reprodutivo é o que mais afeta a produtividade. Muitas observações mostram que déficit de água, não muito severos, durante o estágio vegetativo, não afetam significativamente a produtividade.

A demanda máxima de água, para produção máxima, varia de 450 a 700mm, para ciclos de 100 a 130 dias, dependendo do clima. Sua produtividade varia muito com a disponibilidade de água, adubação, espaçamento e clima. Em condições de chuva natural, boas produções são da ordem de 2,5 a 3,5 t/ha de peso seco.

Com relação ao clima, Gomes (1990) afirma que a soja é uma planta de clima quente e úmido, uma vez que é originária do Sudeste da Ásia. Como, porém, geralmente se trata de uma planta anual, cujo ciclo vegetativo pode ser muito curto, até 80 a 90 dias, também é cultivada em climas temperados, desde que o verão seja quente e chuvoso. Faltando chuva, deverá ser irrigada. Onde o verão é curto, usam-se variedades precoces, que amadurecem antes das primeiras geadas.

Gomes (1990) coloca que, talvez, a pluviosidade ideal, para um país como o Brasil, oscile entre 1000 a 1600 mm/ano. Acredita-se que, sabendo preparar bem o solo e escolher a época de semeadura, uma pluviosidade superior a 800 mm seja suficiente, em se tratando de variedades cujo ciclo vegetativo não ultrapasse 120 dias. Também, acredita-se que, tomadas as devidas precauções, sabendo escolher a data da semeadura, se possa plantar soja onde a pluviosidade seja superior a 1600 mm. Deve-se levar em consideração que o excesso de precipitação prejudica a soja, que é relativamente resistente a períodos de seca moderados.

Metodologia

A equação genérica que relaciona precipitação pluvial acumulada versus produtividade de culturas, conforme Tubelis (1988), tem a forma:

$$P = a + b (I_{acum}) \quad (1)$$

Onde: P = Produtividade da cultura (kg/ha);

I_{Acum} = Precipitação pluvial acumulada no período da cultura (mm);

a = coeficiente linear;

b = coeficiente angular.

O coeficiente angular "b" da Equação (1) é calculado por:

$$b = \frac{J}{K} \quad (2)$$

Onde:

$$J = \sum I_{Acum} \times P - \frac{(\sum I_{Acum}) \times (\sum P)}{N} \quad (3)$$

$$K = \sum (I^2_{Acum}) - \frac{(\sum I_{Acum})^2}{N} \quad (4)$$

Sendo: N = Número de pares de valores da série Produtividade x Precipitação Pluvial Acumulada.

O coeficiente linear "a" da Equação (1) é obtido por:

$$a = \frac{\sum P}{N} - b \cdot \frac{\sum I_{acum}}{N} \quad (5)$$

Onde:

a, b, P, I Acum e N = termos definidos anteriormente.

Cultura da Soja na Fazenda Experimental Gralha Azul da PUCPR

Os dados referentes à cultura agrícola da soja, na Fazenda Experimental Gralha Azul da PUCPR, estão resumidos na Tabela 1.

TABELA 1 - Produtividade da soja na Fazenda Experimental Gralha Azul da PUCPR
 Table 1 – Soybean productivity in the Experimental Farm Gralha Azul of PUCPR

ANO	VARIETADE (S)	PLANTIO	COLHEITA	ÁREA (ha)	TOTAL (kg)	PRODUTIVIDADE (kg/ha)
1993/94	FT 10	29/11/93	Abril/94	25,3	62.339	2.464
	FT 10 (PRINCESA)	07/12/93	Maior/94	35,0	103.880	2.968
1994/95	-	-	-	-	-	-
	FT ABYARA	10-15/11/94	4-7 e 15-24/04/95	42,7	122.165	2.861
	BR 16	25-27/11/94	10-15/04/95	21,4	64.970	3.036
1995/96	-	-	-	-	-	-
	BR 16	23/11 e 07/12/95	11 e 20/04/96	7,3	15.578	2.134
	-	-	-	-	-	-
1996/97	BR 16	27-28/11/96	10-12/04/97	33,8	72.332	2.140
	BR 16	28-29/11/96	13-14/04/97	45,0	100.350	2.230
	BR 16	02-03/12/96	15-16/04/97	25,5	53.754	2.108
1997/98	BR 16	03-04/12/97	18/04-03/05/98	44,0	101.200	2.300
	BR 16	16/12/97	23/04/00	6,0	13.452	2.242
	-	-	-	-	-	-
1998/99	BR 35	11 a 13/11/98	06-12/05/99	25,0	72.675	2.907
	BR 35	01/12/98	14/05/99	10,0	27.190	2.719
	-	-	-	-	-	-
1999/00	BR 133	22-23/12/99	22-23/05/00	22,0	59.444	2.702
	EMBRAPA 59	29-30/12/99	24-25/05/00	13,0	28.977	2.229
	CD 205	16-19/12/99	30-31/05/00	25,0	61.225	2.449
	EMBRAPA 60	01-02/12/99	27/04 a- 3/05/00	38,0	90.288	2.376
2000/01	BR 133	24/11/- 07/12/00	01/05-18/05/01	61,0	181.515	2.976
	CD 205	24/11- 07/12/00	01/05-18/05/01	64,2	191.205	2.978

Fonte: Banco de Dados da Coordenação Geral da Fazenda Experimental Gralha Azul da PUCPR (2001)

Para cinco intervalos escolhidos, de maturação da soja, a partir do Banco de Dados Hidrológicos, da Estação Pluviográfica Curitiba Prado Velho, as alturas pluviométricas acumuladas estão indicadas na Tabela 2.

TABELA 2 - Alturas pluviométricas acumuladas (mm)
 Table 2 – Accumulated pluvial heights (mm)

Ano	I _(45 - 75)	I ₍₄₅₋₉₀₎	I ₍₇₅₋₉₀₎	I _(30 - 120)	I _(0 - 120)
1993/94	326	393	82	515	584
1994/95	423	523	99	736	905
1995/96	282	389	143	792	841
1996/97	378	588	218	826	955
1997/98	133	188	79	641	811
1998/99	379	385	8	682	885
1999/00	210	258	107	420	544
2000/01	284	301	95	814	951

Fonte: Banco de Dados Hidrológicos do Laboratório de Climatologia, Hidrologia e Recursos Hídricos do Curso de Engenharia Civil da PUCPR (2001)

Das Tabelas 1 e 2, extraíram-se os valores para o estabelecimento das correlações entre a produtividade da soja e as alturas pluviométricas acumuladas, as quais estão indicadas na Tabela 3.

TABELA 3 - Valores da produtividade da soja e alturas pluviométricas acumuladas
 Table 3 – Soybean productivity and accumulated pluvial heights

Ano	N	Produtividade (kg/ha)	Precipitações Acumuladas (mm)				
			I _(45 - 75)	I ₍₄₅₋₉₀₎	I ₍₇₅₋₉₀₎	I _(30 - 120)	I _(0 - 120)
1993/94	1	2.716	326	393	82	515	584
1994/95	2	2.949	423	523	99	736	905
1995/96	3	2.134	282	389	173	792	841
1996/97	4	2.159	378	588	218	826	955
1997/98	5	2.271	133	188	79	641	811
1998/99	6	2.813	379	385	8	682	885
1999/00	7	2.439	210	258	107	420	544
2000/01	8	2.977	284	301	95	814	951

Adotando a metodologia descrita e aplicando-se as Equações (1) a (5), obtiveram-se as seguintes relações entre a produtividade da soja e alturas pluviométricas acumuladas na Fazenda Experimental Gralha Azul da PUCPR:

$$Pe = 2.086,74 + 1,55 I(45 - 75) \quad (6)$$

$$Pe = 2.584,96 + 0,07 I(45 - 90) \quad (7)$$

$$Pe = 2.946,43 + 3,61 I(75 - 90) \quad (8)$$

$$Pe = 2.606,76 - 0,07 I(30 - 120) \quad (9)$$

$$Pe = 2.375,67 + 0,22 I(0 - 120) \quad (10)$$

Onde: Pe = Produtividade Média Esperada da Cultura da Soja (kg/ha);

$I(i - j)$ = Precipitação pluviométrica acumulada no período do ciclo vegetativo da cultura (mm).

Com as relações obtidas nas Equações (6) a (10), determinadas para cada período do ciclo vegetativo da cultura da soja, na Fazenda Experimental Gralha Azul da PUCPR, calculou-se a produtividade média esperada, indicada nas Tabelas 4 a 8.

TABELA 4 - Produtividade média esperada na cultura da soja no período de (45-75) dias do ciclo vegetativo
Table 4 - Waited average productivity in the soybean crop in the period of (45-75) days of the vegetative cycle

ANO	P (kg/ha)	Pe₍₄₅₋₇₅₎ (kg/ha)	I₍₄₅₋₇₅₎ (mm)
1993 / 94	2.716	2.592,04	326
1994 / 95	2.949	2.742,39	423
1995 / 96	2.134	2.523,84	282
1996 / 97	2.159	2.672,64	378
1997 / 98	2.271	2.292,89	133
1998 / 99	2.813	2.674,19	379
1999 / 00	2.439	2.412,24	210
2000 / 01	2.977	2.526,94	284
MÉDIA	2.634	2.554,65	302

TABELA 5 - Produtividade média esperada na cultura da soja, no período de (45-90) dias do ciclo vegetativo
Table 5 - Waited average productivity in the soybean crop in the period of (45-90) days of the vegetative cycle

ANO	P (kg/ha)	Pe₍₄₅₋₉₀₎ (kg/ha)	I₍₄₅₋₉₀₎ (mm)
1993/ 94	2.716	2.612,47	393
1994/ 95	2.949	2.621,57	523
1995/ 96	2.134	2.612,19	389
1996/ 97	2.159	2.626,12	588
1997/ 98	2.271	2.598,12	188
1998/ 99	2.813	2.611,91	385
1999/ 00	2.439	2.603,02	258
2000/ 01	2.977	2.606,03	301
MÉDIA	2.634	2.611,49	378

TABELA 6 - Produtividade média esperada na cultura da soja no período de (75-90) dias do ciclo vegetativo
 Table 6 - Waited average productivity in the soybean crop in the period of (75-90) days of the vegetative cycle

ANO	P (kg/ ha)	Pe (75 – 90) (kg/ ha)	I(75 – 90) (mm)
1993 / 94	2.716	3.242,45	82
1994 / 95	2.949	3.303,82	99
1995 / 96	2.134	3.570,96	173
1996 / 97	2.159	3.733,41	218
1997 / 98	2.271	3.231,62	79
1998 / 99	2.813	2.975,31	8
1999 / 00	2.439	3.332,70	107
2000 / 01	2.977	3.289,38	95
MEDIA	2.634	3.334,96	108

TABELA 7 - Produtividade média esperada na cultura da soja, no período de (30-120) dias do ciclo vegetativo
 Table 7 - Waited average productivity in the soybean crop in the period of (30-120) days of the vegetative cycle

ANO	P (Kg/ ha)	Pe (30 – 120) (Kg/ ha)	I(30 – 120) (mm)
1993 / 94	2.716	2.570,71	515
1994 / 95	2.949	2.555,24	736
1995 / 96	2.134	2.551,32	792
1996 / 97	2.159	2.548,94	826
1997 / 98	2.271	2.561,89	641
1998 / 99	2.813	2.559,02	682
1999 / 00	2.439	2.577,36	420
2000 / 01	2.977	2.549,78	814
MEDIA	2.634	2.559,28	678

TABELA 8 - Produtividade media esperada na cultura da soja, no período de (0-120) dias do ciclo vegetativo.
 Table 8 - Waited average productivity in the soybean crop in the period of (0-120) days of the vegetative cycle

ANO	P (kg/ha)	Pe (0 – 120) (kg/ha)	I(0 – 120) (mm)
1993 / 94	2.716	2.504,15	584
1994 / 95	2.949	2.574,77	905
1995 / 96	2.134	2.560,69	841
1996 / 97	2.159	2.585,77	955
1997 / 98	2.271	2.554,09	811
1998 / 99	2.813	2.570,37	885
1999 / 00	2.439	2.495,35	544
2000 / 01	2.977	2.584,89	951
MEDIA	2.634	2.553,76	809

Análise dos Resultados Obtidos

De acordo as relações obtidas nas Equações (6) a (10), observamos que:

A disponibilidade de água é importante, principalmente, em dois períodos de desenvolvimento da soja: germinação/emergência e na floração/enchimento de grãos. Durante o primeiro período, tanto o excesso quanto o déficit de água são prejudiciais à obtenção de uma boa uniformidade na população de plantas. A semente de soja necessita absorver, no mínimo, 50% de seu peso em água para assegurar uma boa germinação. Nesta fase, o conteúdo de água no solo não deve exceder a 85% do total de água disponível e nem ser inferior a 50%. Pelas Tabelas 4 a 8, visualiza-se que nos respectivos períodos de desenvolvimento da soja: (45 – 75), (45 – 90), (30 – 120) e (0 – 120) dias, a produtividade média obtida na Fazenda Experimental Gralha Azul nos anos de 1994, 1995, 1999 e 2001 revelou-se acima da produtividade média esperada, determinada pela metodologia de Tubelis (1988). Apenas no menor período de tempo da chuva acumulada no período de (75 – 90) dias, Tabela 6, essa produtividade obtida revelou-se abaixo da produtividade esperada.

A necessidade de água na cultura da soja aumenta com o desenvolvimento da planta, atingindo o máximo durante a floração/enchimento de grãos (7 a 8 mm/dia), decrescendo após este período. Déficit hídrico expressivo, durante a floração/enchimento de grãos, provoca alterações fisiológicas na planta, como o fechamento dos estômatos e enrolamento de folhas e, como consequência, causam a queda prematura de folhas, queda de flores e abortamento de vagens, resultando, por fim, na redução do rendimento de grãos. Considerando a máxima necessidade de água da chuva \cong 7 mm/dia, para o período de floração/enchimento de grãos da cultura de soja, totalizando 840 mm no período (0–120) dias, observa-se, do que consta na Tabela 8, que nos anos de 1996 (841mm) e 1997 (955mm) a produtividade média obtida revelou-se abaixo da produtividade média esperada.

Para obtenção do rendimento máximo, a necessidade de água na cultura da soja, durante todo o seu ciclo, varia entre 450 a 800 mm, dependendo das condições climáticas, do manejo da cultura e da duração do seu ciclo, o que pode ser

constatado na Tabela 8, para o período (0–120) dias do ciclo vegetativo da cultura.

Conclusões e recomendações

De acordo com as observações de campo e relações obtidas nas Equações (6) a (10) e Tabelas 4 a 8, conclui-se que:

- A disponibilidade de água é importante, principalmente, em dois períodos de desenvolvimento da soja: germinação/emergência e na floração/enchimento dos grãos. Durante o primeiro período, tanto o excesso quanto o déficit de água são prejudiciais à obtenção de uma boa uniformidade na população de plantas. A semente da soja necessita absorver, no mínimo, 50% de seu peso em água para assegurar uma boa germinação. Nesta fase, o conteúdo de água no solo não deve exceder a 85% do total de água disponível e nem ser inferior a 50%;

- A necessidade de água na cultura da soja vai aumentando com o desenvolvimento da planta, atingindo o máximo durante a floração/enchimento dos grãos (7 a 8 mm/dia), decrescendo após este período. Déficits hídricos expressivos durante a floração/enchimento de grãos provocam alterações fisiológicas na planta, como o fechamento dos estômatos e o enrolamento das folhas e, como consequência, causam a queda prematura das folhas, queda de flores e abortamento das vagens, resultando, por fim, na redução do rendimento dos grãos;

- Para obtenção do rendimento máximo, a necessidade de água na cultura da soja, durante todo o seu ciclo, varia entre 450 a 800 mm, dependendo das condições climáticas, do manejo da cultura e da duração do seu ciclo;

- A cultura da soja, cultivada na região do Município de Fazenda Rio Grande, PR, mais precisamente na Fazenda Experimental Gralha Azul da PUCPR, não necessita de suplementação hídrica, pois, a precipitação regional supre a necessidade da cultura, estabelecendo elevados índices de produtividade, se comparado com a produtividade esperada, quando aplicada a equação da produtividade, e a produtividade média obtida no Estado do Paraná, conforme indicado na Tabela 9 e visualizada na Figura 2.

TABELA 9 - Comparativo da produtividade média da soja na Fazenda Experimental Galinha Azul da PUCPR x Estado do Paraná

Table 9 - Comparative degree of the average soybean productivity in the Experimental Farm Galinha Azul of PUCPR x State of Parana

ANO	P (kg/ha)	Pe (0-120) (kg/ha)	P PR (kg/ha)
1993 / 94	2.716	2.504,15	2.475,72
1994 / 95	2.949	2.574,77	2.581,04
1995 / 96	2.134	2.560,69	2.698,63
1996 / 97	2.159	2.585,77	2.591,44
1997 / 98	2.271	2.554,09	2.558,32
1998 / 99	2.813	2.570,37	2.781,80
1999 / 00	2.439	2.495,35	2.510,92
2000 / 01	2.977	2.584,89	2.949,87
MÉDIA	2.634	2.553,76	2.643,47

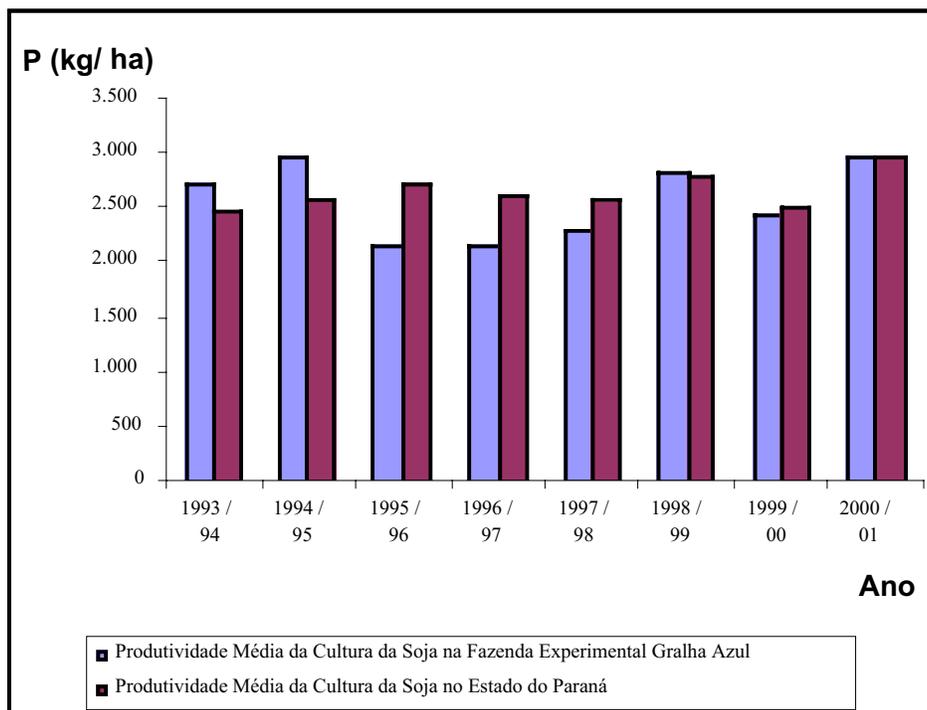
P = Produtividade Média da Cultura da Soja na Fazenda Experimental Galinha Azul da PUCPR

Pe = Produtividade Média Esperada da Cultura da Soja

P_{PR} = Produtividade Média da Cultura da Soja no Estado do Paraná

FIGURA 2 - Produtividade média da cultura da soja na Fazenda Experimental Galinha Azul x Estado do Paraná

Figure 2 - Average Productivity of the soybean crop in the Experimental Farm Galinha Azul x State



- Da análise dos dados da Tabela 9 e da representação na Figura 2, para o período de 1994 – 2001, observa-se que ocorreram oscilações na produtividade da soja entre a Fazenda Experimental Gralha Azul da PUCPR e o Estado do Paraná, não por consequência de chuvas abundantes, normais ou de “Déficit” hídrico, e sim, exclusivamente, por questões do manejo da cultura da soja. Da Tabela 9 e da Figura 2, conclui-se que não há necessidade de se fazer sistema de irrigação na cultura da soja, na Fazenda Experimental Gralha Azul da PUCPR, quando a precipitação pluviométrica acumulada no período vegetativo da cultura de (0 – 120) dias for superior a 600 mm. A cultura da soja apesar de apresentar grande demanda hídrica para o seu desenvolvimento, também tem capacidade de adaptação a “déficit” de água, como ocorrido nos anos de 1994 (584 mm) e 2000 (544 mm), respectivamente;

- Do comparativo entre a produtividade média obtida da cultura da soja na Fazenda Experimental Gralha Azul e no Estado do Paraná, emana a recomendação de que é importante o ade-

quado manejo da cultura, com aplicação da conservação dos solos e água, escolha de cultivar adaptada à região, adequada população de plantas cultivadas, controle de pragas e doenças, entre outras.

Referências

FENDRICH, R. **Relações Entre a Chuva e a Produtividade da Soja na Fazenda Experimental Gralha Azul da PUCPR.** Curso de Agronomia, Fazenda Rio Grande – PR, 2001. 40p.

GOMES, P. A. **Soja.** Editora Nobel, São Paulo – SP, 5. ed., 1990. 152p.

TUBELIS, A. **A Chuva e a Produção Agrícola.** Editora Nobel S.A., São Paulo – SP, 1988. 85p

Recebido 30/6/2002

Aprovado 3/3/2003