ESTUDO DA LÂMINA DE IRRIGAÇÃO NA CULTURA DO
TRIGO (*Triticum aestivum*, L.), UTILIZANDO O SISTEMA DE
“ASPERSÃO EM LINHA”.

ROGÉRIO TEIXEIRA DE FARIA

Orientador: Dr. ANTONIO FERNANDO LORDELO OLITTA

Dissertação apresentada à Escola
Superior de Agricultura “Luiz de
Queiroz”, da Universidade de São
Paulo, para obtenção do título de
Mestre em Irrigação e Drenagem.

PIRACICABA
Estado de São Paulo, Brasil
Junho, 1981

*Aos meus pais,
meus irmãos,
a ã Lilian,*

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Antonio Fernando Lordelo Olitta, pela orientação deste trabalho, amizade e ensinamentos recebidos.

Ao Instituto Agrônômico do Paraná - IAPAR, pela oportunidade de realizar o curso de Pós-Graduação.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, pela Bolsa de Estudo concedida.

Ao Departamento de Engenharia Rural e ao Departamento de Agricultura e Horticultura da ESALQ/USP, pelas facilidades oferecidas.

Ao Engenheiro Agrônomo Luiz Gonzaga Esteves Vieira e ao Professor Dr. Rubens Scardua, pelas facilidades, sugestões e críticas.

À Professora Clarisse B. Demétrio, pela orientação na análise estatística.

À Engenheira Agrônoma Maria Cristina L. Dias, pela ajuda prestada na realização das análises de sementes.

Ao Professor Dr. Décio Cruciani e ao Engenheiro Agrônomo Eduardo B. Parfitt, pela colaboração na elaboração final deste trabalho.

A todos aqueles que direta ou indiretamente colaboraram para que este trabalho pudesse ser realizado.

I N D I C E

	Pág.
RESUMO	x
SUMMARY	xiii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	5
3. MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1 - Localização e Características da Área Experimental..	14
3.2 - Sistema de Distribuição de Água	18
3.3 - Delineamento Experimental	21
3.4 - Controle da Irrigação	23
3.5 - Práticas Culturais	24
3.6 - Observações Realizadas	26
3.7 - Análise Estatística	30
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1 - Manejo da Irrigação	32
4.2 - Produção de Grãos	34
4.3 - Comprimento da Espiga e Número de Espiguetas por Es- piga	38
4.4 - Número de Grãos por Espiga e Número de Grãos por Es- pigueta	41
4.5 - Peso de 1.000 Grãos	45
4.6 - Peso de Grãos por Espiga	48

	Pág.
4.7 - Índice de Colheita.....	51
4.8 - Ciclo de Desenvolvimento.....	54
4.9 - Crescimento em Altura Durante o Ciclo de Desenvolvi- mento.....	55
4.10 - Altura de Plantas na Colheita.....	59
4.11 - Acamamento.....	62
5. CONCLUSÕES.....	64
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66

LISTA DE TABELAS

TABELA		Pág.
1	Granulometria e densidade global do solo no local do experimento	16
2	Análise química do solo	18
3	Lâmina de irrigação e lâmina total recebida pelos diferentes tratamentos	33
4	Produção média de grãos (kg/ha)	34
5	Resumo da análise de variância da produção de grãos	36
6	Eficiência de uso de água, comprimento da espiga e número de espiguetas por espiga	39
7	Resumo da análise de variância do comprimento da espiga e número de espiguetas por espiga	41
8	Número de grãos por espiga e número de grãos por espiguetas	42
9	Resumo da análise de variância do número de grãos por espiga e número de grãos por espiguetas	44
10	Resumo da análise de variância do peso de 1.000 grãos	45
11	Peso de 1.000 grãos e peso de grãos por espiga	46

TABELA

Pág.

12	Resumo da análise de variância do peso de grãos por espiga.....	49
13	Índice de colheita.....	51
14	Resumo da análise de variância do índice de colheita	52
15	Duração do ciclo total e períodos de desenvolvimento	54
16	Altura de plantas durante o ciclo de desenvolvimento	55
17	Resumo da análise de variância da altura de plantas em diferentes épocas de determinação.....	57
18	Altura de plantas na colheita e acamamento.....	59
19	Resumo da análise de variância da altura de plantas na colheita.....	62

LISTA DE FIGURAS

FIGURA		Pág.
1	Temperaturas médias e precipitações ocorridas durante o ciclo da cultura	15
2	Curva de retenção de umidade do solo	17
3	Esquema geral do experimento	20
4	Distribuição da precipitação do aspersor SAMOTO AJ-34 (4 mm) em função da distância da linha de aspersores	22
5	Curva de produção de grãos em função da lâmina total	37
6	Curvas do número de espiguetas por espiga e comprimento da espiga em função da lâmina total	40
7	Curvas do número de grãos por espiga e número de grãos por espiguetas em função da lâmina total	43
8	Curva do peso de 1.000 grãos em função da lâmina total	47
9	Curva do peso de grãos por espiga em função da lâmina total	50
10	Curva do índice de colheita em função da lâmina total	53
11	Altura de plantas em função da idade.....	58

FIGURA

Pág.

12	Curva da altura de plantas na colheita em função da lâmina total.....-	61
----	---	----

ESTUDO DA LÂMINA DE IRRIGAÇÃO NA CULTURA DO
TRIGO (*Triticum aestivum*, L.), UTILIZANDO O
SISTEMA DE "ASPERSÃO EM LINHA"

Candidato: Rogério Teixeira de Faria
Orientador: Dr. Antonio Fernando Lordelo Olitta

RESUMO

Com o objetivo de estudar o efeito da lâmina de irrigação na produção e em algumas características agronômicas do trigo, foi conduzido um ensaio no Campo Experimental do Departamento de Agricultura e Horticultura da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", durante o período de maio a agosto de 1980.

O ensaio foi instalado adotando-se o delineamento em blocos ao acaso, constituído de 6 tratamentos e 6 repetições. Os tratamentos consistiram de lâminas de irrigação de 170, 110, 77, 56 , 27 mm e testemunha sem irrigação. Verificou-se uma precipitação de 66 mm durante o transcorrer do experimento, e cada tratamento recebeu 30 mm de irrigação durante a fase inicial da cultura. Deste modo, a lâmina total foi, respectivamente, 266, 206, 173, 152, 123 e 96 mm, para os diferentes tratamentos.

A aplicação de água foi realizada através de um equipamento de aspersão, disposto no campo segundo o "sistema de aspersão em linha", tendo início aos 22 dias após a semeadura e se estendendo até o estágio final de grão leitoso, abrangendo 65 dias do ciclo da cultura. A necessidade de irrigação foi determinada por leituras de tensiômetros instalados a 15 cm de profundidade nas parcelas do tratamento de 206 mm de lâmina total, localizados no terço médio do Campo Experimental.

Os resultados obtidos indicaram a faixa de 150 a 200 mm como a mais favorável à cultura, possibilitando a obtenção de produtividades variando de 2839 a 3019 kg/ha. Também salientou-se o tratamento representado pelos níveis próximos de 200 mm de lâmina total, onde foram registrados os maiores valores de comprimento da espiga, número de espiguetas por espiga, número de grãos por espiga, número de grãos por espiguetas e peso de grãos por espiga.

Na comparação entre as médias de produção comprovou-se que a irrigação proporcionou um aumento de cerca de 60% na produtividade, em relação à testemunha, e observou-se também produções ainda satisfatórias (1901 kg/ha) em tratamentos com disponibilidade hídrica mínima durante períodos críticos, representados pela fase de estabelecimento da cultura e espigamento.

O peso de 1.000 grãos foi influenciado negativamente com o aumento da lâmina aplicada, que também induziu a um alto grau

de acamamento. Foi observado menor altura de plantas e menor duração do ciclo total de desenvolvimento nos tratamentos menos irrigados, sendo o efeito no período de semeadura - espigamento o principal fator para a ocorrência deste evento.

EFFECT OF IRRIGATION DEPTH ON WHEAT
CROP (*Triticum aestivum*, L.), USING
LINE SOURCE SPRINKLER SYSTEM

Candidate: Rogério Teixeira de Faria
Adviser: Dr. Antonio Fernando Lordelo Olitta

SUMMARY

With the purpose to study the effect of irrigation depth on yield and some agronomic characteristics of wheat crop, a field research was conducted at the experimental field of the "Departamento de Agricultura e Horticultura - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz", from may to august, 1980.

The experiment had 6 treatments with 6 replications in Randomized blocks. Treatments consist of irrigation depth of 170, 110, 77, 56, 27 mm and the control with no irrigation. A natural precipitation of 66 mm fell during the experiment. In the early growth stage each treatment received 30 mm of extra irrigation. Then, the total water depth was respectively 266, 206 , 173, 152, 123 and 96 mm for each treatment.

Water application was conducted using a line source

sprinkler system, starting 22 days after seeding and lasting for 65 days until milk stage. Irrigation needs were controled by tensiometer readings at 15 cm depth, installed in the 206 mm treatment plot, located at the center of the field.

The results showed that the best irrigation rate ranged from 150 to 200 mm water depth, with yields from 2839 to 3019 kg/ha. Also, irrigation depth of 200 mm gave the best spike length, number of spikelets per spike, number of grains per spike , number of grains per spikelet and grains weight per spike.

The average yield of irrigation treatments increased 60% in relation to the control, which yield level was still satisfactory (1901 kg/hg^a), indicating the soil moisture critical periods of early growth stage and heading stage.

The 1,000 grain weight were affected negatively by increasin the irrigation depth, which also induced a high lodging. It was observed a shorter crop cycle for the smaller water depth treatments, and the number days from seeding to heading was the main factor of this conclusion.

1. INTRODUÇÃO

Segundo estimativa da FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS (1980), o consumo de trigo no Brasil tem aumentado em proporções consideráveis, passando de 3 milhões de toneladas em 1970 para 6,6 milhões em 1980. Neste período, o consumo per capita deste cereal teve um cres_cimento de aproximadamente 60% elevando-se de 32,71 para 52,41 kg/hab. O volume importado para complementar a demanda nacional do cereal foi cerca de 4,4 milhões de toneladas em 1980, ocasionando uma evasão de divisas de aproximadamente 1 milhão de dólares.

Com o objetivo de diminuir a diferença entre a demanda e a produção nacional, é política do atual governo a retirada gradual do subsídio ao trigo. O sucesso dessa política dependerá do aumento da disponibilidade interna de alimentos, uma vez que a elevação do preço do trigo e dos produtos que o incorporam pesará no

orçamento dos consumidores. Aumentar a produção interna deste cereal através da pesquisa, assistência técnica e crédito, e reduzir o consumo via disponibilidade de gêneros substitutivos, poderá contribuir consideravelmente para a redução da dependência de importações.

Mais de 90% da produção brasileira de trigo é proveniente dos Estados do Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina (BRASIL, 1979). Nestes Estados, a cultura do trigo é constantemente prejudicada por geadas, doenças e chuvas na época da colheita, ocorrendo grandes oscilações de produção ao longo dos anos. Segundo a FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS (1980), de 1962 a 1979 ocorreram apenas 3 períodos onde a produtividade ultrapassou os 1.000 kg/ha, patamar relativamente baixo quando comparado com as produtividades dos demais países produtores.

Com a seleção de variedades pouco exigentes a frio e neutras ao fotoperíodo, associada à necessidade de se aumentar a produção nacional, tornou-se viável a expansão do cultivo do trigo para regiões não tradicionais, regiões essas localizadas acima do paralelo 24, constituídas pelos Estados de Mato Grosso do Sul, sudoeste de São Paulo, Goiás, Distrito Federal, Minas Gerais e o Norte e Oeste do Paraná.

O desenvolvimento da triticultura nestas regiões é considerado de grande importância no que diz respeito à diversifica

ção das áreas de cultivo, diminuindo, assim, a instabilidade de produção à nível nacional, além da facilidade na distribuição do produto aos centros consumidores. A menor incidência de doenças e riscos de geadas, devido a menor umidade relativa do ar e temperatura um pouco mais elevada que as da região Sul, associada com a segurança de colheita em período livre de chuvas, é considerada também como uma das vantagens do cultivo do trigo nestas áreas. Apesar destes benefícios, a deficiência hídrica no inverno, decorrente da precipitação deficiente e mal distribuída, tem sido um dos principais fatores limitantes à obtenção de produtividades satisfatórias.

Vários autores (THIBAU, 1952; SILVA, 1976; ALCOVER *et alii*, 1978) têm demonstrado a necessidade e a viabilidade da irrigação do trigo nestas regiões, sendo possível obter produtividades comparáveis ou superiores às das regiões tradicionais, além da estabilidade na produção, tendo em vista a eliminação das incertezas relativas às chuvas, devido à irrigação.

A introdução de irrigação nestas regiões poderá também beneficiar outras culturas no verão, aumentando a produtividade das mesmas, além de possibilitar uma melhor utilização da terra e contribuir para amortizar os custos dos sistemas de irrigação.

Para o uso técnico e racional da irrigação torna-se necessário o conhecimento da relação solo-planta-atmosfera. Baseado nisto, o presente trabalho teve como objetivo estudar o efeito da lâmina de água na produção, nos componentes de produção e em algu-

mas características agronômicas da cultura do trigo, visando determinar a exigência hídrica desta cultura nas condições de Piracicaba, SP.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Segundo SCHLEHUBER *et alii* (1967), o trigo tem razoável tolerância à seca quando comparado com outras culturas, devido à sua maior eficiência de uso de água, provavelmente por ser originário de regiões semi-áridas. No entanto, como na maioria das culturas, ocorre uma resposta significativa do trigo à irrigação quando ocorre deficiência hídrica.

ARMY *et alii* (1959) correlacionou a produção de trigo com a precipitação pluviométrica na região de Southern High Plain nos Estados Unidos, encontrando coeficientes que indicam uma flutuação da produção de 55 a 65% ocorrida em consequência da variabilidade de precipitação na estação de crescimento.

FERNANDES e LAIRD (1959) atribuíram o aumento de 85% na produção de grãos e 187% na formação de palha, às diferenças de

umidade no solo. As maiores produções do experimento foram obtidas quando manteve-se a água disponível acima de 30%.

Em nossas condições, alguns experimentos indicam boas respostas da cultura do trigo à irrigação. Em Minas Gerais, experimentos com trigo irrigado vêm sendo realizados desde a década de 50. THIBAU (1952), em experimentos de trigo irrigado nas várzeas em rotação com arroz, comprovou a possibilidade de obtenção de produtividades médias de 1.000 kg/ha. O autor concluiu que a irrigação contribuiu para a elevação da produtividade e possibilita o aproveitamento das áreas cultivadas com arroz na entressafra, sendo viável em quase todas as regiões daquele Estado. COQUEIRO (1971), em ensaios de irrigação por bacias de infiltração durante 15 anos no mesmo Estado, obteve produções acima de 2.000 kg/ha.

Na região do cerrado, SILVA e LEITE (1975), utilizando o sistema de irrigação por sulcos corrugados, alcançaram produções de 2.600 kg/ha. O custo de produção foi de 25 a 30% mais elevado, porém o rendimento de grãos foi 100% superior ao da lavoura de trigo do Rio Grande do Sul. Outros ensaios com trigo irrigado, relatados por SILVA (1976), comprovam a possibilidade de se conseguir uma produtividade média de 2.000 kg/ha, ou seja, um acréscimo de 0,5 a 1 milhão de tonelada à produção nacional.

No Estado de São Paulo, CORSINI *et alii* (1980) verificaram a viabilidade técnica da implantação da cultura do trigo irrigado na região de Guaíra, em rotação com a cultura da soja, desde

que a operação seja feita dentro de uma técnica avançada e utilizando dados específicos da região nos projetos a serem implantados.

A exigência hídrica do trigo é variável, dependendo de fatores climáticos reinantes no período de desenvolvimento da cultura, quantidade de água disponível do solo, variedades e estágio da cultura.

GUPTA e DARGAN (1971), em estudo de irrigação conduzido em Bengala, obtiveram as maiores produções quando foram aplicadas lâminas de 382 mm no ciclo 1967/68 e 221,7 mm no ciclo 1968/69. As irrigações foram realizadas após ser consumido 50% da água disponível do solo no primeiro ano do experimento, e após o consumo de 90% da água disponível no segundo ano, devido à ocorrência de baixas temperaturas e umidade relativa mais elevada que no ano anterior.

Nas condições de Viçosa (MG), FERREIRA *et alii* (1973) encontraram maiores produções quando foram aplicadas lâminas de 531 e 351 mm durante todo o ciclo da cultura. As irrigações foram realizadas quando a tensão de água do solo atingiu 3 e 9 atm, utilizando-se 14 e 8 irrigações de 30 mm durante o ciclo de desenvolvimento, em adição a 2 irrigações de 20 mm na fase de estabelecimento da cultura. Nos tratamentos onde se mantiveram as tensões de umidade menores que 0,5 e 1 atm, as produções não diferiram dos tratamentos sem irrigação, e houve tendência de alongamento do ciclo normal de crescimento, maior crescimento vegetativo e mais alto grau de acamada.

mento. Os autores concluíram que o menor arejamento do solo nos tratamentos sob baixa tensão de umidade foi o fator responsável pela menor resposta à irrigação. No mesmo local, SILVEIRA (1976) não encontrou diferenças de produção para lâminas de 297, 237 e 228 mm em tratamentos mantidos a tensão de umidade do solo abaixo de 3,6 e 9 atm, respectivamente, porém estes tratamentos tiveram produções superiores ao tratamento sem irrigação. Observou-se também, maior número de perfilhos e espigas nos tratamentos mais secos (sem irrigação e tensão de 9 atm), porém maior número de espigas tardias foi encontrado nestes tratamentos. O maior número de espigas férteis e número de grãos por espiga foram observados no tratamento de 6 atm de tensão, e o peso de 1.000 grãos não foi afetado pelos diferentes níveis de umidade do experimento.

Ainda em Minas Gerais, GARRIDO *et alii* (1978) determinaram o uso consuntivo do trigo, encontrando o valor de 4,11 mm por dia e estabeleceram a equação de regressão para rendimentos (y) em função do teor de umidade do solo (x), como sendo $y = 1.328,4 + 17,24 x$. Esses autores recomendam um turno de rega viável de 4 a 7 dias para a cultura do trigo nas condições do sul de Minas Gerais. No ano seguinte, GARRIDO *et alii* (1979) encontraram um valor médio de evapotranspiração acumulada de 378,4 mm e uso consuntivo de 3,9 mm por dia, e não foram observadas diferenças significativas de produção para irrigações realizadas após serem consumidos 20, 40, 60 e 80% da água disponível, porém os tratamentos irrigados tiveram

produções superiores ao tratamento sem irrigação.

Nas condições do cerrado em Brasília, ESPINOZA *et alii* (1980) concluíram que a tensão de umidade do solo afetou consideravelmente a evapotranspiração real da cultura do trigo. Segundo esses autores, a evapotranspiração diminuiu com o aumento da tensão da água do solo, sendo o efeito mais acentuado em três das cinco cultivares do estudo. Assim, a variação no uso total de água durante o ciclo do cultivo no tratamento de 0,35 bar (onde se obteve o máximo de produção) foi de 320 e 187 mm para as cultivares BH 1146 e Sonora-63, respectivamente. No tratamento de 8 bar de tensão, o consumo de água foi de 195 e 145 mm para as cultivares BH 1146 e Tanori F-1, respectivamente, sugerindo assim, que as diferenças de uso de água entre cultivares tendem a diminuir quando o regime de tensão de água do solo aumenta acima de 2 bar. Neste experimento houve um decréscimo de 26 a 37% quando a tensão de umidade do solo foi aumentada de 0,35 bar para 8 bar. Para a manutenção da tensão de umidade abaixo de 0,35 bar utilizou-se uma frequência de irrigação de 3 a 5 dias no período de máximo desenvolvimento da cultura.

Considerando as necessidades hídricas nos diferentes estágios de desenvolvimento do trigo, AZZI (1937) concluiu que é necessário um mínimo de 50 mm e um máximo de 200 mm de chuvas da semeadura à emergência, um mínimo de 30 mm e um máximo de 80 mm da emergência ao perfilhamento, um mínimo de 40 mm do perfilhamento ao espigamento, e de 15 a 60 mm do espigamento à maturação.

Estudando o consumo de água do trigo desde o perfilhamento até a maturação, BROWN (1971) observou que o uso diário aumentou com o decorrer da estação de crescimento, atingindo máximos valores durante o estágio de espigamento-florescimento e decrescendo nas fases seguintes.

Segundo recomendações da FAO (1979) sobre métodos de estimativa climatológica, a evapotranspiração real da cultura do trigo, sob ótimas condições de umidade do solo, pode ser obtida multiplicando-se o valor do coeficiente de cultura K_c pela evapotranspiração de referência ET_o , obtida através de fórmulas empíricas ou métodos climatológicos. Para o trigo os valores de K_c são os seguintes: 0,3 a 0,4 no início do período de desenvolvimento (15 a 20 dias); 0,7 a 0,8 no estágio de perfilhamento (25 a 30 dias); 1,05 a 1,2 na fase de desenvolvimento da espiga a início da formação de grãos; 0,65 a 0,7 durante a fase de enchimento de grãos; 0,2 a 0,25 na colheita.

SILVA e HECKLER (1980) encontraram valores de consumo de água de 3,54 e 4,42 mm/dia durante o perfilhamento-emborrachamento, 3,70 e 5,64 mm/dia durante o emborrachamento-espigamento e 7,73 e 7,85 mm/dia na fase de espigamento e formação de grãos, para as variedades Itapua 5 e BH 1146, respectivamente, nas condições de Dourados (MS).

A deficiência de umidade constitui importante fator de redução da produção, quando esta ocorre em determinadas fases de

desenvolvimento, as quais são chamadas de períodos críticos. O conhecimento destes períodos é de suma importância na orientação e programação das irrigações.

ROBINS e DOMINGO (1962) concluíram que não houve efeito benéfico da irrigação quando realizada antes do estágio de emborrachamento, a não ser que ocorrem déficits suficientemente severos ao ponto de provocarem murchamento ou secamento das folhas inferiores. Quando déficits severos de umidade foram impostos durante e após o espigamento, houve redução apreciável na produção de grãos, menor número de espigas, poucas espiguetas por espiga e poucos grãos por espiguetas. O peso de grãos foi bastante reduzido por "stress" de umidade antes da maturação e teve estreita correlação com o número de grãos. Segundo SLATYER (1969), o "stress" por ocasião do florescimento pode afetar a viabilidade do pólen, comprometendo a fertilização e pegamento de grãos na maioria dos cereais e, consequentemente, aumentar a esterilidade das espigas, acarretando menor produção de grãos.

Em experimentos realizados por DAY e INTALAP (1970), houve maiores reduções de produção quando o déficit de umidade ocorreu no final do perfilhamento-início do emborrachamento, porém encontraram produções significativamente menores quando o "stress" foi dado no florescimento e estágio de grão farináceo. A deficiência hídrica no final do perfilhamento-início do emborrachamento provocou também um encurtamento do período plantio-florescimento, menores plan

tas, maior acamamento, menor peso volumétrico, poucas espigas por área e poucas sementes por espiga. Deficiência hídrica no florescimento e estágio de grão farináceo resultou também em menor peso de grão e apressaram a maturação.

Estudando o efeito do número de irrigações em diferentes estágios de desenvolvimento do trigo, SHARMA *et alii* (1974) encontraram um aumento de produção de aproximadamente 100% em relação ao tratamento com apenas uma irrigação realizada aos 5 dias após a semeadura, quando as aplicações de água foram realizadas em 4 estágios de desenvolvimento (5 dias após a semeadura, início do perfilhamento, final do perfilhamento e estágio de grãos leitosos). Uma irrigação no início do perfilhamento, em adição à aplicação de 5 dias após a semeadura, foi mais eficiente que uma aplicação em qualquer dos outros estágios de desenvolvimento. Observou-se também que a produção nos tratamentos irrigados, após ser consumido 50% de água disponível na camada de 30 cm do solo foi semelhante às produções dos tratamentos irrigados nos 4 estágios de desenvolvimento.

PRIHAR *et alii* (1976) compararam os resultados de produção de trigo quando lâminas de irrigação equivalentes a 0,75 da evaporação do tanque classe A foram aplicadas em 5 estágios de desenvolvimento (início do perfilhamento, máximo perfilhamento, final do perfilhamento, emborrachamento e enchimento de grãos), com irrigações realizadas quando foram requeridos 70 mm de água, independente do estágio de desenvolvimento. Não houve diferença de produção

para os dois regimes de irrigação, porém observou-se uma economia de 12% na quantidade de água aplicada quando utilizou-se o segundo manejo.

Segundo ROBINS *et alii* (1967), baixas tensões de umidade do solo no estágio de alongação, especialmente em condições de altos teores de nitrogênio, promove aumento no crescimento vegetativo e altura final de plantas, resultando em maior acamamento. O acamamento, além de provocar consideráveis perdas no processo de colheita, pode causar grandes quedas de produção e qualidade do produto, dependendo do estágio de desenvolvimento que o mesmo ocorre. LAUDE e PAULI (1956) encontraram reduções de produção de 30 a 35% devidas ao acamamento ocorrido entre 1 e 2 semanas antes do espigamento, 27% quando ocorreu no espigamento, 35% durante os 10 dias posteriores e 27% quando o acamamento foi verificado de 15 a 20 dias após o espigamento. Observou-se também redução do número de grãos por espiga, tamanho de grãos e aumento do teor de proteína em plantas acamadas. WEIBEL e PENDLENTON (1964) observaram maior redução na produção com o acamamento ocorrendo no espigamento (31%), porém houve decréscimos consideráveis quando o acamamento ocorreu no estágio de grão leitoso (25%), grão farináceo (20%) e grãos maduros (12%). Decréscimos no peso hectolítrico e peso de grãos e aumento no teor de proteína foram observados em tratamentos que sofreram acamamento.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - Localização e Características da Área Experimental

O experimento foi conduzido no campo experimental do setor de Horticultura do Departamento de Agricultura e Horticultura da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, no período de maio a agosto de 1980.

O clima de Piracicaba, segundo SELTZER (1946), é do tipo mesotérmico, Cwa, isto é, subtropical úmido com estiagem no inverno, cujas chuvas do mês mais seco não atingem a 30 mm. As médias de precipitação e temperatura das estações de primavera, verão, outono e inverno são, respectivamente: ^P303 mm e 20,8°C; ^V639 mm e 23,2°C; ^{Out}235 mm e 20,5°C; ^{Inv}108 mm e 16,9°C. As temperaturas médias e as precipitações observadas durante o período de condução do ensaio encontram-se na Figura 1, onde verifica-se a ocorrência de precipitações consideráveis somente nos dias 25 e 26/06, quando o trigo encontrava-se no estágio de espigamento. Menores valores de precipitação ocorreram logo após a emergência das plantas (10/05) e no estágio final de maturação (17/08). Quanto à temperatura, não ocorreram valores extremos a ponto de afetar o desenvolvimento da cultura.

Figura 1 - Temperaturas médias e precipitações ocorridas durante o ciclo da cultura (dados fornecidos pelo Departamento de Física e Meteorologia da ESALQ).

O solo na área de estudos foi classificado por RANZA NI et alii (1966) como sendo Terra Roxa Estruturada, série "Luiz de Queiroz", tendo sido realizadas determinações de granulometria, densidade global, análise química e curva de retenção de umidade do solo. As determinações de granulometria, obtidas pelo método da pipeta, e da densidade global, através de amostras coletadas com cilindro de UHLAND, são mostradas na Tabela 1.

Tabela 1 - Granulometria e densidade global do solo no local do experimento(*).

Profundidade (cm)	GRANULOMETRIA			Densidade global (g/cm ³)
	Argila (%)	Limo (%)	Areia (%)	
0-15	29,85	33,85	36,30	1,60
15-30	64,65	13,16	22,19	1,43
30-60	62 93	14,75	22,32	1,35

(*) Análise realizada no Laboratório de Solos do Departamento de Engenharia Rural da ESALQ/USP.

Para a análise química do solo coletaram-se amostras nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, cujos resultados são apresentados na Tabela 2. A curva de retenção de umidade do solo (Figura 2) foi determinada utilizando-se funil de placa porosa e membrana de pressão, segundo RICHARDS (1949). O valor da capacidade de campo foi determinado no próprio local, segundo metodologia utilizada por SCÁRDUA (1972), tendo-se encontrado um valor de 23% de umidade em peso.

Figura 2 - Curva de retenção de umidade do solo.

Tabela 2 - Análise química do solo (*).

Profundidade (cm)	pH	Carbono orgânico (%)	Teores trocáveis (m.e./100 g de solo)					
			P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Al ⁺⁺⁺	H ⁺
0-20	6,3	1,11	0,50	0,69	6,08	1,68	0,08	2,72
20-40	6,2	0,66	0,19	0,53	5,63	1,60	0,08	2,52

(*) Análise realizada pelo Laboratório de Fertilidade de Solos do Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes da ESALQ.

3.2 - Sistema de Distribuição de Água

A aplicação de água foi realizada com auxílio de um equipamento de aspersão, disposto no campo segundo o sistema de "aspersão em linha" ("line source sprinkler system"), de acordo com metodologia desenvolvida por HANKS (1976). Este sistema foi desenvolvido para fins experimentais e consiste na colocação de aspersores estreitamente espaçados em uma tubulação localizada no centro do campo experimental. A sobreposição dos jatos promove maior precipitação junto à linha de aspersores e um gradiente decrescente ao longo da direção perpendicular da área, sendo este efeito denominado de "distribuição triangular da precipitação". A localização das parcelas experimentais ao longo da direção perpendicular à linha de aspersores permite a obtenção de diferentes lâminas aplicadas, simulando, deste modo, diferentes níveis de irrigação realizados por um sistema convencional de aspersão.

A escolha desta metodologia foi baseada nas vantagens que a mesma apresenta, representada pela simplicidade de instalação, operação, economia de área, equipamento e mão-de-obra, permitindo maior número de tratamentos em menor área que o sistema tradicional, e possibilitando uma melhor visualização do efeito dos tratamentos no campo.

A Figura 3 mostra esquematicamente a disposição da linha de aspersores colocada no centro da área, dividindo a mesma em duas partes, e paralela à direção das linhas de plantas. Neste estudo foram empregados 7 aspersores, espaçados de 6 m, que proporcionaram uma área utilizável de 18 x 36 m.

Figura 3 - Esquema geral do experimento.

Após a realização de testes preliminares com vários modelos de aspersores comerciais, visando conhecer ^{o comportamento} a performance dos mesmos na distribuição da precipitação, escolheu-se o aspersor SAMO TO modelo AJ-34 (4 mm), que operado numa pressão de 3 atm produziu um diâmetro molhado de 33 m e precipitação de 11,4; 7,3; 5,2; 3,7; 1,8 e 0 mm/h, determinadas através de medidas com pluviômetros localizados a distâncias de 1,5; 4,5; 7,5; 10,5; 13,5 e 16,5 m da linha de aspersores, respectivamente. Como pode ser observado na Figura 4, esta disposição permitiu a obtenção do efeito de distribuição triangular da precipitação, isto é, um gradiente de precipitação na direção perpendicular à linha de aspersores, semelhante aos dados apresentados por HANKS (1976), sendo bastante adequada à metodologia adotada no experimento. Devido ao pequeno espaçamento entre os aspersores (cerca de 18% do diâmetro molhado), obteve-se boa uniformidade de distribuição no sentido do comprimento do campo experimental, comprovada pelos dados observados nos testes previamente realizados.

3.3 - Delineamento Experimental

O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso com 6 repetições, sendo 3 de cada lado da linha de aspersores, como pode ser observado na Figura 3.

Figura 4 - Distribuição da precipitação do aspersor SAMOTO AJ 34 (4 mm),
em função da distância da linha de aspersores

Os tratamentos constituíram-se de 6 níveis de irrigação, denominados de L_1 (170 mm), L_2 (110 mm), L_3 (77 mm), L_4 (56 mm), L_5 (27 mm) e a testemunha L_6 (0 mm), correspondentes às parcelas lo calizadas a distâncias de 0-3, 3-6, 6-9, 9-12, 12-15 e 15-18 m da linha de aspersores, como representado na Figura 3.

Deste modo, as dimensões da parcela apresentaram 3 m de largura por 6 m de comprimento, com área total de 18 m^2 . Considerou-se como bordadura 1 m nas extremidades da parcela de 0,5 m de cada lado, resultando uma parcela útil de 2 m de largura por 4 m de comprimento, ou seja, 8 m^2 .

3.4 - Controle da Irrigação

No estágio inicial do experimento, desde a semeadura até o início do perfilhamento, foram realizadas irrigações unifor mes em todos os tratamentos, de modo a assegurar uma germinação uni forme e o completo estabelecimento da cultura. Para este procedimen to, utilizou-se um sistema de aspersão disposto dentro de um espaça mento de $12 \times 12 \text{ m}$, aplicando-se uma lâmina total de 30 mm durante es te período, em 3 irrigações realizadas em intervalos de aproximada mente 7 dias.

No dia 27/05/80, 22 dias após a semeadura, iniciou -se a diferenciação nas irrigações através do funcionamento do sis tema de aspersão em linha, que se estendeu até o estágio final de grão leitoso, conforme recomendação de ROBINS e DOMINGO (1962).

Durante o período de diferenciação dos tratamentos, que abrangeu 65 dias, a necessidade de irrigação foi determinada tomando-se como controle o tratamento L_2 , através de leituras de tensiômetros instalados à profundidade de 15 cm, nos blocos III e IV, escolhidos previamente para orientar o controle da irrigação. As irrigações foram realizadas sempre que o potencial da água do solo nas parcelas controle atingiu $-0,7$ atm, correspondente a 21,1% em peso de umidade do solo, indicando um consumo de 50% da água disponível. A escolha do tratamento L_2 como controle possibilitou a obtenção de tratamentos maior e menor nível de irrigação, tendo em vista a distribuição triangular de precipitação.

A lâmina de água requerida em cada irrigação no tratamento controle foi de 9,1 mm. O controle da lâmina aplicada nos vários tratamentos, durante todo o período experimental, foi realizado através de pluviômetros instalados no centro de todas as parcelas dos blocos III e IV, como pode ser observado no esquema da Figura 3.

A lâmina total recebida em cada tratamento durante o ciclo da cultura foi obtida através da somatória das irrigações realizadas e da precipitação ocorrida durante o período experimental.

3.5 - Práticas Culturais

O preparo do solo foi realizado através de aração, gradagem e aplicação de herbicida Glyphosate (4 l/ha do produto comercial), acrescido de destorroamento com enxada rotativa por ocasião da semeadura.

A variedade de trigo utilizada foi a ITAPUA 5, originária do Ministério da Agricultura do Paraguai, tendo como progenitores as cultivares SONORA 64 e KLEIN RENDIDOR, e apresenta como características gerais, porte baixo, hábito de primavera, ciclo precoce e tolerância à saturação de alumínio até 5% (OCEPAR, 1979). As sementes foram obtidas no Instituto Agrônomo do Paraná, sendo classificadas como sementes básicas.

A semeadura foi realizada mecanicamente em 05/05/80, sendo adotado o espaçamento de 20 cm entre fileiras e uma densidade de plantio de 80 sementes viáveis por metro linear, de modo a obter 400 plantas/m².

Foram consideradas dispensáveis adubação e calagem por ocasião da semeadura, de acordo com a análise química do solo (Tabela 2). Realizou-se adubação em cobertura através da aplicação de 60 kg/ha de nitrogênio, em forma de sulfato de amô^onia, em 15/06/80 (estágio final de perfilhamento).

O controle fitossanitário foi realizado com pulverizações de Vamidotiom 40 CE (1,0 l/ha do produto comercial), para controle de pulgões no estágio de perfilhamento, e Benomil 50% PM e Triadimefon 25% PM (0,5 kg/ha de cada produto comercial), no controle de doenças foliares e da espiga no estágio de enchimento de grãos, sendo estas aplicações suficientes para manter as plantas isentas de patógenos.

3.6 - Observações Realizadas

Foram realizadas diversas determinações ao longo do ciclo de desenvolvimento das plantas e por ocasião da colheita, de modo a acompanhar e mensurar o efeito dos tratamentos no desenvolvimento vegetativo e produção da cultura do trigo.

Ao longo do ciclo de desenvolvimento determinou-se: duração do ciclo, período semeadura-espigamento, espigamento-maturação e crescimento em altura. Por ocasião da colheita determinou-se: produção de grãos, eficiência de uso de água, comprimento da espiga, número de espiguetas por espiga, número de grãos por espiga, número de grãos por espiguetas, peso de 1.000 grãos, peso de grãos por espiga, peso hectolítrico, índice de colheita, altura de plantas na colheita e acamamento.

Para a obtenção dos parâmetros acima citados, adotou-se o seguinte procedimento:

1) Duração do ciclo: determinaram-se datas de emergência, espigamento e maturação. Considerou-se a emergência quando ocorreram em 90% de emergência da parcela; o espigamento, quando 90% das plantas apresentavam espigas; e a maturação, quando 90% das plantas tinham a cariópse dura (não podendo ser marcadas com unha), além da coloração típica das espigas e colmos. Com estes dados determinou-se a duração do ciclo (semeadura-maturação), período de semeadura-espigamento e espigamento-maturação.

2) Crescimento em altura: nas áreas de bordadura dos tratamentos dos blocos I, II, V e VI realizaram-se as medidas de altura, coletando-se a planta mais alta de um ponto escolhido ao acaso. Utilizaram-se plantas das 4 linhas centrais das parcelas nos períodos de 35, 50, 57, 65 e 80 dias após a semeadura. Para a determinação da altura tomou-se uma medida em cada linha de amostragem e calculou-se a média. Adotou-se como referência o nível do solo, medindo-se a altura até a inserção da última folha ou a ponta da espiga, excluindo-se as aristas.

3) Produção de grãos: os grãos colhidos na área útil de cada parcela (8 m^2) foram pesados em balança de precisão de 0,001 kg. Os dados foram transformados em kg/ha e corrigidos para 13% de umidade.

4) Número de espiguetas por espiga: contaram-se as espiguetas férteis de 20 espigas dos colmos mais altos de cada parcela. As espigas foram coletadas ao acaso.

5) Número de grãos por espiga: determinado na mesma amostra utilizada na determinação de número de espiguetas por espiga. Para a contagem dos grãos utilizou-se o contador eletrônico "Eletronic Counter" modelo 2081.

6) Número de grãos por espiguetas: foi calculado através da relação entre o número de grãos por espiga e o número de espiguetas por espiga.

7) Peso de grãos por espiga: obtido através da mesma amostra utilizada na determinação do número de espiguetas por espiga. Os grãos foram pesados em balança de precisão de 0,01 g e corrigidos para 13% de umidade.

8) Comprimento da espiga: mediu-se o comprimento total da raquis, a partir da inserção da espiga no nó inferior, até a última espiguetas. Utilizou-se a mesma amostra empregada na determinação do número de espiguetas por espiga.

9) Altura de plantas na colheita: foi realizada antes da colheita, adotando como referência o nível do solo e medindo-se a altura até a ponta da espiga, excluindo as aristas. As medidas foram tomadas nas 3 linhas centrais da parcela em 3 pontos por linha, escolhidos ao acaso, medindo-se 5 plantas por ponto.

10) Acamamento: foram realizadas leituras baseadas em critérios visuais, antes da colheita. Considerou-se a porcentagem da parte acamada em relação à área total da parcela e o ângulo de inclinação dos colmos, transformando os dados em números índices que variam de zero a 100, de acordo com a metodologia recomendada por IAPAR-OCEPAR (1980).

11) Peso de 1.000 grãos: foi obtido através da média de 8 pesagens de 100 grãos. As amostras utilizadas foram as mesmas do peso hectolítrico.

12) Índice de colheita: denomina-se índice de colheita à relação entre a produção econômica e produção biológica, ou seja, é a porcentagem da produção biológica representada pela produção econômica. No trigo a produção econômica é representada pelo peso de grãos e a produção biológica pela matéria seca total, ou seja, peso de grãos mais peso de palha. Para esta determinação, coletaram-se plantas em área de 1,5 m² da parcela, escolhida ao acaso, que após a secagem em estufa a 60°C durante 48 horas, foram pesadas e posteriormente debulhadas as espigas, obtendo-se o peso da matéria seca total e peso seco de grãos.

13) Eficiência de uso de água: este parâmetro é definido normalmente como sendo a quantidade de produção econômica obtida por área, por unidade de água consumida no processo. É dado pela relação:

$$\text{Eficiência de uso} = \frac{\text{kg de grãos por ha}}{\text{mm de água aplicada}} .$$

3.7 - Análise Estatística

Considerando-se a limitação estatística imposta pelas características do sistema de "aspersão em linha", que consiste na impossibilidade de casualização dos tratamentos, primeiramente os dados foram analisados utilizando-se o teste de Friedman, recomendado para análise não paramétrica, conforme CAMPOS (1979). Posteriormente realizou-se análise para blocos ao acaso, obtendo-se os mesmos resultados observados na análise anterior.

Este assunto foi discutido em trabalho apresentado por BAUDER *et alii* (1975), onde foram comparados os efeitos dos mesmos tratamentos em dois experimentos, sendo um devidamente casualizado e o outro semelhante ao do presente trabalho. A análise estatística dos dados obtidos levaram às mesmas conclusões, demonstrando que a casualização não é sempre fator limitante, e que, em virtude das vantagens apresentadas pelo sistema não casualizado, é justificável sua realização, mesmo com limitações desta natureza.

Baseado nestas considerações, optou-se pela análise de variância segundo o delineamento em blocos ao acaso, desdobrando-se o número de graus de liberdade para tratamentos em regressões linear, quadrática, cúbica e de 4º grau, conforme o seguinte esquema:

Causas de Variação	G.L.
Regressão linear	1
Regressão quadrática	1
Regressão cúbica	1
Regressão de 4º grau	1
Desvios da Regressão	1
<hr/>	
Tratamentos	5
Blocos	5
Resíduo	25
<hr/>	
Total	35
<hr/>	

Os resultados obtidos na determinação de acamamento foram transformados em $\sqrt{X+1}$, e juntamente com os resultados do índice de colheita e crescimento em altura, não sofreram o desdobramento em regressões na análise de significância ao nível de 5% e 1% de probabilidade. As médias de tratamentos para as diferentes determinações foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Utilizou-se como critério para estabelecimento das equações de regressão o mais alto grau significativo, de acordo com PIMENTEL GOMES (1976).

Para os resultados de produção, número de grãos por espiga, peso de grãos por espiga, peso de 1.000 grãos, comprimento da espiga, número de espiguetas por espiga, número de grãos por espiguetas, acamamento e altura de plantas na colheita, foram determinados os coeficientes de correlação e testada a significância pelo teste t.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Manejo da Irrigação

Na Tabela 3 encontram-se as lâminas aplicadas em cada lado do experimento, a variação observada e a lâmina média aplicada durante o período de diferenciação dos tratamentos, que compreendeu 12 irrigações através do sistema de aspersão em linha, numa frequência média de 4 a 5 dias. Em cada irrigação as lâminas médias aplicadas foram de 14,2; 9,1; 6,4; 4,7; 2,2 e 0 mm, respectivamente, para os tratamentos L_1 , L_2 , L_3 , L_4 , L_5 e L_6 . Encontram-se também na Tabela 3, os valores da lâmina total recebida pelos diferentes tratamentos, durante todo o período experimental, resultado da somatória das aplicações realizadas com o sistema de aspersão em linha, chuvas (66 mm) e irrigações uniformes no estágio inicial da cultura (30 mm).

Tabela 3 - Lâmina de irrigação e lâmina total recebida pelos diferentes tratamentos.

TRATAMENTO	Lâmina aplicada (mm)		Variação (mm)	Lâmina média aplicada (mm)	Lâmina total (mm)
	lado direito	lado esquerdo			
L ₁	175,7	164,6	11,1	170	266
L ₂	110,0	109,1	0,9	110	206
L ₃	80,6	73,0	7,6	77	173
L ₄	58,5	53,9	4,6	56	152
L ₅	29,3	24,5	4,8	27	123
L ₆	0,0	0,0	0,0	0	96

Observa-se na Tabela 3 que as variações de aplicação entre os lados do experimento foram relativamente pequenas, apresentando valores menores que 10% da lâmina média aplicada nos 4 tratamentos mais úmidos e cerca de 18% no tratamento L₅, sendo os valores mais elevados no lado direito do experimento. Este efeito foi atribuído à ação de ventos, embora as irrigações tenham sido realizadas em períodos de ventos calmos, auxiliado pela existência de um quebra-vento formado ao redor da área de estudos.

Como pode ser observado na Figura 1, nos dias 25 e 26/06 (início do espigamento) ocorreram precipitações de 23,3 e 28,5 mm. Estas chuvas elevaram os níveis de umidade do solo, nos vários tratamentos, a potenciais maiores que -0,7 atm durante um período de 13 dias. Neste intervalo não foram realizadas irrigações.

4.2 - Produção de Grãos

As médias de produção de grãos, para os diferentes tratamentos, são apresentadas na Tabela 4. A análise de variância, resumida na Tabela 5, revela o efeito altamente significativo ($\alpha = 0,01$) dos tratamentos de irrigação na produção de grãos.

Tabela 4 - Produção média de grãos (kg/ha).

BLOCOS	T R A T A M E N T O S					
	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆
I	2.337	2.671	2.459	2.968	2.611	1.889
II	2.222	3.326	3.080	3.090	1.747	1.592
III	2.490	2.939	3.684	2.891	1.500	1.365
IV	2.224	3.150	3.271	3.246	3.335	2.674
V	2.644	2.587	2.930	3.169	2.569	2.368
VI	2.875	2.360	2.474	2.749	2.674	1.520
Média	2.465ab	2.839a	2.983a	3.019a	2.406ab	1.901b

d.m.s. (Tukey 5%) = 762.

Fazendo-se a comparação entre as médias pelo teste de Tukey, representado pelas letras índices dos valores de produção na Tabela 4, observa-se que as maiores produções ocorreram nos tratamentos L₄, L₃ e L₂, com lâminas totais de 152, 173 e 206 mm, respectivamente. Os tratamentos L₁ e L₅, com lâminas totais de 266 e

123 mm, respectivamente, não diferiram estatisticamente dos tratamentos L_4 , L_3 e L_2 , apesar de apresentarem menores produções. O tratamento L_6 , com lâmina total de 96 mm, teve a menor produção do experimento, diferindo estatisticamente dos tratamentos L_4 , L_3 e L_2 , porém foi semelhante ao tratamento L_1 e L_5 , quando comparados pelo teste de Tukey.

As produções obtidas nos tratamentos L_4 , L_3 e L_2 podem ser consideradas como elevadas, sendo equivalentes ou superiores às produções obtidas por vários autores brasileiros (COQUEIRO, 1971; FERREIRA *et alii*, 1973; SILVA, 1976 e SILVEIRA, 1976), revelando o alto potencial da região para a produção de trigo sob irrigação.

A menor produção observada no tratamento L_1 , onde o solo foi mantido a baixas tensões de umidade, está de acordo com os resultados obtidos por FERREIRA *et alii* (1973). Estes autores atribuíram o efeito de má aeração do solo como causa da menor produção observada nos tratamentos mantidos em condições de umidade acima da capacidade de campo. Deve ser observado também que o alto índice de acamamento ocorrido por ocasião do início do enchimento de grãos, possa ter afetado a produção deste tratamento, como observado em experimento realizado por LAUDE e PAULI (1956).

Pelos dados obtidos, observa-se também boas produções nos tratamentos mais secos (L_5 e L_6). É provável que as irrigações realizadas na fase de estabelecimento da cultura e a ocorrência de

chuvas por ocasião do espigamento tenham contribuído para o aumento de produção destes tratamentos. Este fato indica a possibilidade de obtenção de produções satisfatórias com poucas aplicações de água, desde que realizadas em períodos críticos da cultura.

Tabela 5 - Resumo da análise de variância da produção de grãos.

Causas de Variação	G.L.	Q.M.	F
Regressão linear	1	796.800	4,35*
Regressão quadrática	1	4.309.600	23,55**
Regressão cúbica	1	235.800	1,29
Regressão de 4º grau	1	111.720	0,61
Desvios da regressão	1	84.144	0,46
Lâminas	5	1.107.633,97	6,05**
Blocos	5	263.465,38	1,44
Resíduo	25	183.018,46	
Total	35		

C.V. = 16,44;

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade;

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade.

A Figura 5 mostra a representação gráfica da curva de produção em função da lâmina total, a qual foi ajustada por regressão quadrática, sendo representada pela equação

$$Y = -1.333,89 + 45,05 X - 0,12 X^2 .$$

Figura 5 - Curva de produção de grãos em função da lâmina total.

Através desta equação ou mesmo da própria curva, pode-se predizer a produção esperada quando se adota uma determinada lâmina de irrigação. Observa-se um acréscimo na produção de grãos com aumento da lâmina total até níveis próximos de 200 mm, onde a curva apresenta tendência à queda de produção com o aumento dos níveis de água.

Como pode ser observado na Tabela 6, a eficiência de uso de água mostrou-se semelhante para os tratamentos mais secos (L_4 , L_5 e L_6), apresentando os maiores valores do experimento. Nos tratamentos mais úmidos (L_3 , L_2 e L_1) houve decréscimo da eficiência de uso de água com o aumento da lâmina total. Assim, os tratamentos mais secos tiveram médias superiores a 13, 30 e 50%, aproximadamente, em relação aos tratamentos L_3 , L_2 e L_1 , respectivamente.

4.3 - Comprimento da Espiga e Número de Espiguetas por Espiga

As médias de comprimento da espiga e número de espiguetas por espiga, para os diferentes tratamentos de irrigação, são apresentados na Tabela 6, cuja análise de variância (Tabela 7) não mostrou efeito significativo nestes parâmetros.

Apesar de não ter havido diferença estatística entre as médias analisadas, pode-se observar na Figura 6, onde encontram-se as curvas de comprimento da espiga e número de espiguetas por espiga em função da lâmina total, um ligeiro acréscimo destes parâmetros com o aumento do nível de irrigação, até valores próximos de

200 mm, onde as curvas tendem a ligeiro decréscimo. Na análise de regressão realizada não foi definida uma equação para comprimento da espiga, pelo menos até regressão de 4º grau. Para número de espiguetas por espiga encontrou-se a equação

$$Y = 8,74494 + 0,03831 X - 0,00009 X^2,$$

ajustada por regressão quadrática.

Tabela 6 - Eficiência de uso de água (E_u), comprimento da espiga e número de espiguetas por espiga.

TRATAMENTO	E_u (kg/ha/mm)	Comprimento da espiga (cm)	Número de espiguetas por espiga
L_1	9,27	7,10	12,5
L_2	13,78	7,12	12,7
L_3	17,24	7,17	12,7
L_4	19,86	6,96	12,4
L_5	19,56	6,96	12,1
L_6	19,60	6,78	11,6
Média	16,55	7,02	12,3
d.m.s. (Tukey 5%)		0,73	1,39

Figura 6 - Curvas do número de espiguetas por espiga e comprimento da espiga em função da lâmina total.

Tabela 7 - Resumo da análise de variância do comprimento da espiga (CE) e número de espiguetas por espiga (NE).

Causas da Variação	G.L.	Q.M.		F	
		CE	NE	CE	NE
Regressão linear	1	0,36655	2,8027	2,207	4,64*
Regressão quadrática	1	0,17863	2,6584	1,075	4,40*
Regressão cúbica	1	0,00082	0,0477	0,005	0,08
Regressão de 4º grau	1	0,00024	0,0087	0,001	0,01
Desvios da regressão	1	0,08558	0,0543	0,515	0,09
Lâminas	5	0,1263	1,1143	0,76	1,84
Blocos	5	0,6551	1,6569	3,94**	2,74**
Resíduo	25	0,1660	0,6045		
Total	35				
C.V.% =				5,88	6,33

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade;

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade.

4.4 - Número de Grãos por Espiga e Número de Grãos por Espiguetas

Examinando-se a Tabela 8 verifica-se efeito semelhante da lâmina de irrigação em ambos os parâmetros analisados. Deste modo, a análise de variância, representada na Tabela 9, apresentou significância ao nível de 5% para os tratamentos de irrigação, e a comparação de médias pelo teste de Tukey revelou maior número de grãos por espiga e número de grãos por espiguetas no tratamento L₂,

que diferiu significativamente do tratamento L_6 . Não houve diferença significativa entre estes tratamentos e os demais, apesar de haver tendência a um acréscimo do número de grãos com o incremento da lâmina total até valores próximos de 200 mm, e decréscimo após este nível de aplicação, como pode ser observado na Figura 7. A mesma tendência foi observada por SILVEIRA (1976), encontrando maiores valores para número de grãos por espiga em tratamentos intermediários de umidade do solo.

Tabela 8 - Número de grãos por espiga e número de grãos por espiguetas.

TRATAMENTOS	Número de grãos por espiga	Número de grãos por espiguetas
L_1	26,0 ab	2,08 ab
L_2	27,9 a	2,20 a
L_3	26,8 ab	2,11 ab
L_4	26,3 ab	2,12 ab
L_5	24,2 ab	1,97 ab
L_6	20,7 b	1,78 b
Média	25,3	2,04
d.m.s. (Tukey 5%)	6,4	0,37

Obs.: números seguidos da mesma letra não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Figura 7 - Curvas do número de grãos por espiga e número de grãos por espiguetas em função da lâmina total.

As equações representativas dos parâmetros analisados foram

$$Y = 3,6586 + 0,2327 X - 0,0006 X^2$$

e

$$Y = 0,76682 + 0,01371 X - 0,00003 X^2 ,$$

respectivamente, para número de grãos por espiga e número de grãos por espiguetas, ambas ajustadas por regressão quadrática.

Tabela 9 - Resumo da análise de variância do número de grãos por espiga (NGE) e número de grãos por espiguetas (NGEta).

Causas da Variação	G.L.	Q.M.		F	
		NGE	NGEta	NGE	NGEta
Regressão linear	1	93,91	0,318	7,22*	7,57*
Regressão quadrática	1	99,49	0,347	7,65*	8,24**
Regressão cúbica	1	0,55	0,001	0,04	0,03
Regressão de 4º grau	1	1,60	0,002	0,12	0,17
Desvios da regressão	1	0,45	0,011	0,03	0,28
Lâminas	5	39,20	0,137	3,01	3,25
Blocos	5	18,74	0,038	1,44	0,91
Resíduo	25	13,01	0,042		
Total	35				
C.V. % =				14,24	10,04

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade;

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade.

O número de grãos por espiga foi estreitamente correlacionado com o número de grãos por espiguetas, número de espiguetas por espiga, comprimento da espiga e produção de grãos, apresentando coeficientes de correlação iguais a 0,93**; 0,87**; 0,79** e 0,66**, respectivamente.

4.5 - Peso de 1.000 Grãos

A análise de variância, resumida na Tabela 10, indica efeito altamente significativo ($\alpha = 0,01$) dos níveis de irrigação no peso de 1.000 grãos.

Tabela 10 - Resumo da análise de variância do peso de 1.000 grãos.

Causas de Variação	G.L.	Q.M.	F
Regressão linear	1	103,19	31,9*
Regressão quadrática	1	21,23	6,6*
Regressão cúbica	1	1,20	0,4
Regressão de 4º grau	1	4,58	1,4
Desvios da regressão	1	0,41	0,1
<hr/>			
Lâminas	5	26,12	8,08**
Blocos	5	11,71	3,63**
Resíduo	25	3,23	
Total	35		

C.V.% = 5,09;

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade;

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Os maiores valores foram observados nos tratamentos mais secos, como pode ser visto na Tabela 11. O teste de Tukey revelou superioridade da média do tratamento L_6 sobre os demais, com exceção da média do tratamento L_5 ; e no tratamento mais úmido (L_1) ocorreu o menor peso de grãos, porém este valor só diferiu estatisticamente dos valores observados nos tratamentos L_5 e L_6 . Não houve diferença significativa entre os tratamentos L_5 , L_4 , L_3 e L_2 , apesar do maior peso de grãos no tratamento L_5 .

Tabela 11 - Peso de 1.000 grãos e peso de grãos por espiga.

TRATAMENTOS	Peso de 1.000 grãos (g)	Peso de grãos por espiga (g)
L_1	33,20 c	0,972 a
L_2	34,13 bc	1,030 a
L_3	34,07 bc	1,008 a
L_4	34,69 bc	1,007 a
L_5	37,25 ab	0,947 a
L_6	38,50 a	0,832 a
Média	35,30	0,966
d.m.s. (Tukey 5%)	3,20	0,227

Obs.: números seguidos da mesma letra não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

A curva do peso de 1.000 grãos em função da lâmina total encontra-se na Figura 8, onde observa-se um acentuado decréscimo

Figura 8 - Curva do peso de 1.000 grãos em função da lâmina total.

mo do parâmetro analisado com o aumento do nível de água até o valor de 200 mm, aproximadamente. Em lâminas superiores a este valor a curva tende a estabilidade. Obteve-se a equação

$$Y = 48,2137 - 0,1246 X + 0,0003 X^2 ,$$

ajustada por regressão quadrática, representativa da variação do peso de 1.000 grãos em função dos níveis de irrigação.

O peso de 1.000 grãos apresentou correlação negativa com produção ($r = -0,53^{**}$), número de grãos por espiga ($r = -0,71^{**}$) e acamamento ($r = -0,58^{**}$).

4.6 - Peso de Grãos por Espiga

Examinando-se as médias do peso de grãos por espiga, representadas na Tabela 11, verifica-se pequenas variações neste parâmetro nos diferentes tratamentos, não sendo consideradas significativas na análise de variância resumida na Tabela 12.

Considerando-se que o peso de grãos por espiga ou produção da espiga seja determinado pelo número de grãos por espiga e peso de grãos, a não significância estatística deste parâmetro provavelmente possa ser explicada pelo fato de ter havido um equilíbrio entre os dois componentes. Assim, como foi discutido anteriormente, houve acréscimo do número de grãos por espiga, acompanhado de um decréscimo no peso de grãos, com o aumento da lâmina aplicada. Evidências da interação entre estes componentes foram comprovadas na análise

lise de correlação, que revelou coeficientes altamente significativos, ou seja, 0,9245** e -0,5345**, para a correlação do peso de grãos por espiga com número de grãos por espiga e peso de 1.000 grãos, respectivamente.

Tabela 12 - Resumo da análise de variância do peso de grãos por espiga.

Causas da Variação	G.L.	Q.M.	F
Regressão linear	1	54.804,0	3,36
Regressão quadrática	1	95.378,0	5,84*
Regressão cúbica	1	3.541,1	0,22
Regressão de 4º grau	1	1.667,9	0,10
Desvios da regressão	1	566,6	0,04
<hr/>			
Lâminas	5	31,19	1,90
Blocos	5	12,94	0,79
Resíduo	25	16,34	
<hr/>			
Total	35		

C.V.% = 13,23;

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Apesar de não haver diferença estatística entre os tratamentos analisados, observa-se na Figura 9 um acréscimo no peso de grãos por espiga à medida que aumenta-se a lâmina total, atingindo valores máximo em níveis próximos de 200 mm de aplicação, e ocorre uma tendência a decréscimos em níveis superiores a este intervalo.

Figura 8 - Curva do peso de grãos por espiga em função da lâmina total.

A equação

$$Y = 0,328569 + 0,007007 X - 0,000017 X^2 ,$$

ajustada por regressão quadrática, descreve a curva do peso de grãos por espiga em função da lâmina aplicada.

4.7 - Índice de Colheita

As médias do índice de colheita para os diferentes tratamentos encontram-se na Tabela 13, revelando variações de 0,346 a 0,435. Na Tabela 14 encontra-se o resumo da análise de variância, onde foi observado o efeito altamente significativo para os tratamentos de irrigação.

Tabela 13 - Índice de colheita.

TRATAMENTOS	Índice de colheita
L ₁	0,397 ab
L ₂	0,421 ab
L ₃	0,425 a
L ₄	0,435 a
L ₅	0,401 ab
L ₆	0,346 b
Média	0,404
d.m.s.(Tukey 5%)	0,076

Obs.: números seguidos pela mesma letra não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Os maiores valores de índice de colheita ocorreram nos níveis intermediários de lâmina aplicada (L_3 e L_4), porém estes tratamentos somente diferiram do tratamento mais seco (L_6), quando comparados pelo teste de Tukey. Na comparação entre os tratamentos mais secos (L_5 e L_6) e mais úmidos (L_1 e L_2) não houve diferença significativa, embora o tratamento L_6 tenha apresentado valor inferior aos demais.

Tabela 14 - Resumo da análise de variância do índice de colheita.

Causas de Variação	G.L.	Q.M.	F
Lâminas	5	0,006154	3,32**
Blocos	5	0,000845	0,46
Resíduo	25	0,001855	
Total	35		

C.V.% = 10,66

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Na Figura 10 encontra-se a representação gráfica da curva do índice de colheita em função da lâmina total, onde observa-se um acentuado crescimento do parâmetro analisado com o aumento da lâmina total até valores próximos de 150 mm, sendo que maiores lâminas a partir deste nível acarretaram um leve decréscimo dos valores de índice de colheita.

Figura 10 - Curva do índice de colheita em função da lâmina total.

4.8 - Ciclo de Desenvolvimento

Na Tabela 15 encontram-se a duração do ciclo total da cultura (semeadura-maturação), período de semeadura-espigamento e período de espigamento-maturação, para os diferentes tratamentos de irrigação.

Tabela 15 - Duração do ciclo total e períodos de desenvolvimento.

TRATAMENTOS	Ciclo total (dias)	Período semeadura- espigamento* (dias)	Período espiga- mento-maturação (dias)
L ₁	113	60	53
L ₂	111	58	53
L ₃	110	57	53
L ₄	109	56	53
L ₅	107	53	54
L ₆	105	52	53
Média	109	56	53

* semeadura-emergência = 10 dias.

Observa-se que o ciclo total da cultura variou de 105 a 113 dias, e foi mais curto à medida que menores lâminas foram aplicadas. Entre o tratamento mais úmido (L₁) e o mais seco (L₆) houve uma diferença de 8 dias no ciclo total de desenvolvimento. Pode-se verificar também que o período de semeadura-espigamento teve variações de 52 a 60 dias, sendo responsável pelo adiantamento do ci-

clo em condições de baixas aplicações de água, visto que o período de espigamento-maturação não foi afetado pelos tratamentos.

4.9 - Crescimento em Altura Durante o Ciclo de Desenvolvimento das Plantas

Na Tabela 16 encontram-se as determinações de altura de plantas durante o ciclo de desenvolvimento para os diferentes tratamentos de irrigação, que submetidas à análise de variância (Tabela 17), obteve-se significância estatística para todas as datas de determinação, exceto para a determinação realizada aos 35 dias de idade, mostrando não haver ainda o efeito da irrigação, visto que a diferenciação dos tratamentos iniciou-se aos 22 dias de idade das plantas.

Tabela 16 - Altura de plantas durante o ciclo de desenvolvimento.

TRATAMENTOS	IDADE DA PLANTA (dias)				
	35	50	57	65	80
L ₁	16,6 a	48,7 a	64,8 a	88,0 a	96,5 a
L ₂	16,4 a	49,6 a	64,3 a	89,4 a	97,2 a
L ₃	16,7 a	47,9 a	62,9 a	89,0 a	97,0 a
L ₄	15,3 a	45,2 ab	62,3 a	88,3 a	96,2 a
L ₅	16,0 a	42,4 b	61,6 a	87,1 ab	93,4 ab
L ₆	14,4 a	41,1 b	55,7 b	83,1 b	88,7 b
Média	15,9	45,8	61,9	87,5	94,8
d.m.s. (Tukey 5%)	3,1	5,8	4,0	4,9	5,1

Obs.: números seguidos de mesma letra não diferem entre si estatisticamente pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Na comparação de médias pelo teste de Tukey, representado pelas letras índices, observou-se a superioridade dos três tratamentos mais úmidos (L_1 , L_2 e L_3) sobre os mais secos (L_5 e L_6) na determinação realizada aos 50 dias de idade da planta. Não houve diferença entre a média do tratamento L_4 e a dos demais tratamentos nesta determinação. Aos 57 dias não houve diferença significativa entre as médias dos 5 primeiros tratamentos, porém estes foram superiores ao tratamento mais seco (L_6). Nas determinações realizadas aos 65 e 80 dias após a semeadura o teste Tukey acusou superioridade das médias dos 4 primeiros tratamentos sobre o tratamento mais seco e o tratamento L_5 não diferiu dos demais.

Analisando-se os dados em conjunto pode-se afirmar que, a partir do tratamento L_4 , os tratamentos mais úmidos tiveram maior altura de plantas desde poucos dias após a diferenciação dos tratamentos, demonstrando o efeito do déficit de umidade no crescimento em altura.

Observa-se também um crescimento acima do esperado nos tratamentos mais secos (L_5 e L_6), que poderia ser explicado pela ocorrência de chuvas na fase de espigamento, que possibilitou um crescimento considerável, muito embora estas plantas não tenham recuperado seu nível normal de crescimento.

Tabela 17 - Resumo da análise de variância para altura de plantas em diferentes épocas de determinação.

Causas de Variação	G.L.	Q.M.				
		35	50	57	65	80
Lâminas	5	3,15	48,90**	42,69**	20,84	40,11**
Blocos	3	5,65	13,24	2,39	48,29**	4,21
Resíduo	15	1,79	6,26	3,00	4,53	3,06
Total	23					
C.V, %=		8,41	5,45	2,8	2,43	1,85

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade;

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Na Figura 11 encontra-se o gráfico da altura de plantas nos diferentes tratamentos para cada época de determinação. Observa-se que o maior crescimento das plantas ocorreu no período de 35 a 65 dias após a sementeira, correspondente ao intervalo ocorrido entre o final do perfilhamento ao estágio de grão aquoso. No período seguinte (65 a 80 dias), verificou-se uma tendência de estabilização no crescimento.

Figura 11 - Altura de plantas em função da idade.

4.10 - Altura de Plantas na Colheita

As médias de altura de plantas na colheita encontram-se na Tabela 18, onde pode-se observar valores de 82,1 a 91,5 cm nos diferentes tratamentos. A análise de variância é representada na Tabela 19, e revela significância do teste F ao nível de 1% de probabilidade para os tratamentos de irrigação.

Tabela 18 - Altura de plantas na colheita e acamamento.

TRATAMENTOS	Altura de plantas na colheita (cm)	Acamamento (nº índice)
L ₁	91,5 a	40 a
L ₂	89,0 a	24 ab
L ₃	90,0 a	17 ab
L ₄	86,7 ab	3 b
L ₅	85,7 ab	0 b
L ₆	82,1 b	0 b
Média	87,5	14
d.m.s. (Tukey 5%)	5,9	

Obs.: números seguidos da mesma letra não diferem entre si estatisticamente pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Maior altura de plantas na colheita foi observado nos tratamentos mais úmidos (L₁, L₂ e L₃), apresentando diferenças significativas em relação ao tratamento mais seco (L₆), quando comparados pelo teste Tukey. As médias dos tratamentos L₄ e L₅ não diferi-

ram dos demais, situando-se em nível intermediário.

Na Figura 12 encontra-se a representação gráfica da curva de altura de plantas em função da lâmina total, onde obteve-se a equação

$$Y = 78,84 + 0,05 X ,$$

ajustada por regressão linear. Pelo gráfico verifica-se que ocorrem acréscimos lineares com o aumento dos níveis de irrigação.

Tabela 19 - Resumo da análise de variância da altura de plantas na colheita.

Causas de Variação	G.L.	Q.M.	F
Regressão linear	1	286,67	27,56**
Regressão quadrática	1	30,71	2,95
Regressão cúbica	1	6,93	0,67
Regressão de 4º grau	1	1,95	0,19
Desvios da regressão	1	17,78	1,71
<hr/>			
Tratamentos	5	68,8	6,20**
Blocos	5	12,1	1,09
Resíduo	25	11,1	
<hr/>			
Total	35		

C.V.% = 3,8;

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Figura 12 - Curva de altura de plantas na colheita, em função da lâmina total.

4.11 - Acamamento

Na Tabela 18 são apresentadas as médias de acamamento, expressas por número índice, e a análise de variância encontra-se na Tabela 20, onde observou-se um efeito altamente significativo para os níveis de irrigação.

Tabela 20 - Resumo da análise de variância do acamamento⁽⁺⁾.

Causas de Variação	G.L.	Q.M.	F
Lâminas	5	23,78	6,25**
Blocos	5	8,47	2,23
Resíduo	25	3,80	
Total	35		

C.V% = 69,13;

(+) = dados transformados em $\sqrt{X+1}$;

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Através da Tabela 19, verifica-se que maiores índices de acamamento ocorreram nos tratamentos mais úmidos (L_1 , L_2 e L_3). As médias destes tratamentos não diferiram significativamente pelo teste Tukey, e, apesar de apresentarem valores bem mais elevados que os demais, somente o tratamento L_1 diferiu significativamente do tratamento mais seco.

Além da magnitude do acamamento observado, é importante salientar que a época de ocorrência do fenômeno foi durante irrigações realizadas no estágio de espigamento-enchimento de grãos. É provável que o acamamento ocorrido nesta fase tenha influenciado a produção e diversos componentes, como foi discutido anteriormente.

Considerando-se a prática de colheita mecânica, pode-se esperar perdas em porcentagem equivalentes ao número índice expresso em cada tratamento, visto que no acamamento ocorrido, a inclinação das plantas apresentou ângulos próximos de 90° , ficando a espiga em contato com o solo, o que torna impossível o aproveitamento na colheita com máquinas tradicionais.

5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos no presente trabalho pode-se concluir que:

a) A irrigação possibilitou um aumento de cerca de 60% na produtividade em relação à testemunha. As maiores produções variaram de 2.839 a 3.019 kg/ha e ocorreram ao nível de 150 a 200 mm de lâmin na total, acima do qual, a produção foi afetada devido ao acamamentto ocorrido por ocasião do enchimento de grãos.

b) Comprovou-se a possibilidade de produções ainda satisfatôrias (1.901 kg/ha) nos tratamentos onde ocorreram poucas aplicações de água, desde que realizadas em períodos críticos, representados pela fase de estabelecimento da cultura e espigamento.

c) A eficiência de uso de água manteve-se praticamente constante ao nível de 100 a 150 mm de lâmina total, apresentando valores próximos de 20 kg/ha/mm de água, sendo observados valores decrescentes nos tratamentos com maiores níveis de irrigação.

d) Os tratamentos de irrigação influenciaram consideravelmente o peso de 1.000 grãos, verificando-se maiores valores destes parâmetros nos tratamentos com menor lâmina total. Em níveis próximos dos 200 mm observou-se valores máximos de comprimento da espiga, número de espiguetas por espiga, número de grãos por espiga, número de grãos por espiguetas e peso de grãos por espiga.

e) O ciclo total de desenvolvimento foi mais curto nos tratamentos menos irrigados, ocorrendo uma diferença de 8 dias neste período entre a menor e a maior lâmina total, salientando-se o período de semeadura-espigamento como o responsável pelo adiantamento do ciclo em condições de baixas aplicações de água. Também houve redução na altura das plantas causada por déficit hídrico nos tratamentos com menores lâminas aplicadas e as irrigações realizadas durante a fase de espigamento-enchimento de grãos provocaram drástico acamamento nos tratamentos com maiores níveis de aplicação.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCOVER, M.; C.A. GALDÊNCIO e L.G.E. VIEIRA, 1978. A cultura de trigo no Estado do Paraná. In: MANUAL AGROPECUÁRIO PARA O PARANÁ, 1978. Londrina, Inst. Agron. do Paraná, p. 449-450.

ARMY, T.J.; J.J. BOND e C.E. VAN DOOREN, 1959. Precipitation-yield relationships in dryland wheat production on medium to fine texture soil of Southern High Plains. Agron. J., 51: 721-724.

AZZI, G., 1937. Aspecto Ecológico do Trigo no Brasil. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura. 45 p. (Série Tritícea nº 3).

BAUDER, J.W.; R.J. HANKS e D.W. JAMES, 1975. Crop production function determinations as influenced by irrigation and nitrogen fertilization using a continuous variable design. Soil Soc. Amer. Proc., 39: 1187-1191.

- BRASIL. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1979. Anuário Estatístico. Rio de Janeiro, 30: 1-953.
- BROWN, P.L., 1971. Water use and soil depletion by dryland winter wheat as affected by nitrogen fertilization. Agron. J., 63: 43-46.
- CAMPOS, H., 1979. Estatística Experimental Não-Paramétrica. 3a.ed. Piracicaba, 343 p.
- COQUEIRO, E.P., 1971. Resultados obtidos com a cultura do trigo em Minas Gerais. In: REUNIÃO DA SUB-COMISSÃO NORTE BRASILEIRA DE TRIGO, Londrina, PR.
- CORSINI, P.C.; D.A. TELLES e H.C. MATSUCUMA, 1980. Trigo irrigado - necessidades de água e nível de nitrogênio. In: V CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, Anais, São Paulo.
- DAY, A.D. e S. INTALAP, 1970. Some effects of soil moisture stress on growth of wheat (*Triticum aestivum* L.). Agron. J., 62: 27-29.
- ESPINOZA, W.; E.M. SILVA e O.C. SOUZA, 1980. Irrigação de trigo em solo de cerrado. Pesq. Agropec. Agrasileira. Brasília, 15(1): 107-115.
- FAO. Food and Agriculture Organization of United Nations, 1979. Yield Response to Water. Irrigation and Drainage Paper, 33, Roma, 194 p.
- FERNANDES, R.G. e R.J. LAIRD, 1959. Yield and protein content of wheat in Central Mexico as affected by available soil moisture and nitrogen fertilization. Agron. J., 51(1): 33-36.

- FERREIRA, P.A.; A.A. CARDOSO; B. FERNANDES e A.C. PARENTES, 1973. Efeito de diferentes níveis de tensão de umidade no solo sobre a produção do trigo. Revista Ceres. Viçosa, 20(108): 129-135.
- FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS, 1980. Trigo. Agroanalysis, 4(10): 32.
- GARRIDO, A.M.T.; A.M. SILVA e M.A. SOUZA, 1978. Efeito de diferentes níveis de umidade do solo no rendimento do trigo na região Sul de Minas Gerais. EPAMIG. Projeto Trigo. Rel. 1976, Belo Horizonte.
- GARRIDO, A.M.T.; A.M. SILVA e M.A. SOUZA, 1979. Efeito de diferentes regimes de irrigação sobre o rendimento do trigo na região Sul de Minas Gerais. EPAMIG. Projeto Trigo. Rel. 76/77, Belo Horizonte.
- GUPTA, S.R. e K.S. DARGAN, 1971. Water requirements of dwarf wheat (*Triticum aestivum* L.) under West Bengal conditions. Indian J. of Agric. Sci., 41: 958-962.
- HANKS, R.J.; J. KELLER; V.P. RASMUSSEN e G.D. WILSON, 1976. Line source sprinkler for continuous variable irrigation-crop production studies. Soil Sci. Soc. Am. J., 40: 426-429.
- IAPAR-OCEPAR, 1980. Aferição de acamamento. In: VII REUNIÃO DA COMISSÃO NORTE BRASILEIRA DE TRIGO. Ponta Grossa, PR.
- LAUDI, H.H. e A.W. PAULI, 1956. Influence of lodging on yield and other characters in winter wheat. Agron. J., 48(10): 452-454.

- OCEPAR. Organização de Cooperativas do Estado do Paraná, 1979. Trigo - 1979. Redomendações: regiões Norte-Oeste-Centro Sul. Boletim Técnico nº 4, 54 p.
- PIMENTEL GOMES, F., 1976. Curso de Estatística Experimental. Livraria Nobel, Piracicaba, 430 p.
- PRIHAR, S.S.; K.L. KHERA; K.S. SANDHU e B.S. SANDHU, 1976. Comparison of irrigation schedules based on pan evaporation and growth stages in winter wheat. Agron. J., 68(4): 650-653.
- RANZANI, G.; O. FREIRE e T. KINJO, 1966. Carta de Solos do Município de Piracicaba. Piracicaba, Centro de Estudos de Solos, 85 p.
- RICHARDS, L.A., 1949. Methods of measuring soil moisture tension. Soil Sci., 68: 95-112.
- ROBINS, J.S. e C.E. DOMINGO, 1962. Moisture and nitrogen effects on irrigated spring wheat. Agron. J., 54(2): 135-139.
- ROBINS, J.S.; J.T. MUSICK; D.C. FINFROCK e H.F. RHOADES, 1967. Grain and field crops. In: HAGAN, R.M.; H.R. HAISE e T.W. EDMINISTER, ed. Irrigation of Agricultural Lands. Madison, Am. Soc. of Agronomy, p. 622-639.
- SCÁRDUA, R., 1972. Porosidade livre de água de dois solos do Município de Piracicaba. Piracicaba, ESALQ/USP, 83 p. (Dissertação de Mestrado).
- SCHLEHUBER, A.M. e B.B. TUCKER, 1967. Culture of wheat. In: QUISENBERRY, K.S. e L.P. REITS, ed. Wheat and Wheat Improvement. Madison, Am. Soc. of Agronomy, p. 154-160.

- SELTZER, J., 1946. Contribuição para o Estudo do Clima do Estado de São Paulo. São Paulo, Escolas Profissionais Salesianas, 239 p.
- SHARMA, K.C.; P. LAL e M. SING, 1974. Critical stages for irrigation and the best utilization of available quantity of water in "UP 301" a triple dwarf wheat. Indian J. of Agric. Sci., 44(12): 847-853.
- SILVA, A.R. e J.C. LEITE, 1975. A cultura do trigo no cerrado com irrigação. In: VIII REUNIÃO ANUAL CONJUNTA DE PESQUISA DE TRIGO, Passo Fundo, RS.
- SILVA, A.R., 1976. A Cultura do Trigo Irrigada nos Cerrados do Brasil Central. EMBRAPA, Brasília, 70 p. (Circular Técnica nº 1).
- SILVA, C.A.S. e J.C. HECKLER, 1980. Efeito da irrigação sobre o rendimento de grãos de duas cultivares de trigo em três épocas de semeadura. In: VI REUNIÃO DA COMISSÃO NORTE BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO, Curitiba, PR.
- SILVEIRA, P.M., 1976. Efeito de diferentes níveis de nitrogênio e tensões de umidade do solo sobre a cultura do trigo. Viçosa, Un. Fed. de Viçosa, 46 p. (Dissertação de Mestrado).
- SLATYER, R.O., 1969. Physiological significance of internal water relations to crop yield. In: EASTIN, J.D.; F.A. HASKINS; C.Y. SULLIVAN e C.H.M. VAN BAVEL, ed. Physiological Aspects of Crop Yield. Madison, Am.Soc. of Agronomy, p. 53-79.
- THIBAU, E.C., 1952. Considerações sobre trigo irrigado, rotação arroz-trigo - resultados experimentais. Boletim de Agricultura. Belo Horizonte, 1(1): 24-33.

WEIBEL, R.O. e J.W. PENDLENTON, 1964. Effect of artificial lodging on winter wheat grain yield and quality. Agron. J., 56(5): 487-488.