

**CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E DE
QUALIDADE INDUSTRIAL DO TRIGO
SOB IRRIGAÇÃO E ADUBAÇÃO NITROGENADA**

MYRIANE STELLA SCALCO

2000

MYRIANE STELLA SCALCO

**CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E DE QUALIDADE
INDUSTRIAL DO TRIGO SOB IRRIGAÇÃO E ADUBAÇÃO
NITROGENADA**

Tese apresentada à Universidade Federal de
Lavras, como parte das exigências do Programa de
Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração
Fitotecnia, para obtenção do título de "Doutor".

Orientador

Prof. Manoel Alves de Faria

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2000

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Scalco, Myriane Setella

Características agrônômicas e de qualidade industrial do trigo sob irrigação e adubação nitrogenada / Myriane Stella scalco. -- Lavras : UFLA, 2000.

143 p. : il.

Orientador: Manoel Alves de Faria.

Tese (Doutorado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Trigo. 2. Característica agrônômica. 3. Qualidade. 4. Adubação nitrogenada.
I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-633.1187
-633.11894

MYRIANE STELLA SCALCO

**CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E DE QUALIDADE
INDUSTRIAL DO TRIGO SOB IRRIGAÇÃO E ADUBAÇÃO
NITROGENADA**

Tese apresentada à Universidade Federal
de Lavras, como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em Agronomia,
área de concentração Fitotecnia, para
obtenção do título de "Doutor".

APROVADA em 25 de abril de 2000

Prof. Augusto Ramalho de Moraes UFLA

Prof. Moacil Alves de Souza UFV

Pesq. Rogério Germani EMBRAPA/CTAA

Prof. Wagner Pereira Reis UFLA


Prof. Manoel Alves de Faria
UFLA
(Orientador)

**LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL**

Aos meus dois grandes
amores, *Lilian e Wellington*
e a você caro leitor

DEDICO

AGRADECIMENTOS

SENHOR, se tenho é porque me destes, sou-lhe grata em todos os momentos e oportunidades de minha vida, sou-lhe grata por todos que de forma positiva envolveram-se na realização deste trabalho.

Aos dirigentes da UFLA que me proporcionaram a oportunidade de cursar o doutorado;

Ao coordenador da Pós-graduação em Fitotecnia Prof. Dr. Rovilson José de Souza;

Ao Prof. Carlos Ramirez de Rezende e Silva, demais professores e colegas do DAG;

Ao meu orientador Prof. Dr. Manoel Alves de Faria (DEG/UFLA) e co-orientadores Prof. Dr. Augusto Ramalho de Moraes (DCE/UFLA), Pesq. Dr. Rogério Germani (EMBRAPA/CTAA) e Prof. Dr. Ricardo Pereira Reis (DAE/UFLA);

Aos Prof. Dr. Wagner Pereira Reis (DAG/UFLA) e Prof. Dr. Moacil de Souza e Silva (UFV/Viçosa);

Aos professores do Departamento de Ciências dos Alimentos (DCA), Ciências dos Solos (DCS) e Engenharia (DEG) da UFLA;

Aos laboratoristas do DCS e Química (DQI);

Ao monitor Daniel Haruo e funcionários do Setor de Pesquisa (João, Manguinho, Cipriano, Aguinaldo e Correia);

Aos dirigentes e funcionários do EMBRAPA/CTAA;

Aos amigos e colegas de curso;

A toda minha família;

A minha mãe...

A todos vocês o meu muito obrigada! O nome de cada um estará gravado em minha memória e a essência positiva dessa convivência para sempre em meu coração.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	iii
1 INTRODUÇÃO.....	01
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	04
2.1 Considerações gerais sobre a cultura do trigo.....	04
2.2 Qualidade industrial do trigo.....	07
2.3 O manejo da água na cultura do trigo.....	16
2.3.1 Períodos críticos de necessidade de água.....	16
2.3.2 Efeito do manejo da irrigação sobre a cultura do trigo.....	18
2.3.3 Efeito do manejo da água e da adubação nitrogenada na cultura do trigo.....	22
2.3.4 Estratégia ótima de irrigação.....	30
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	34
3.1 Caracterização da área experimental.....	34
3.2 Instalação, condução e tratos culturais.....	34
3.3 Sistema de aplicação de água.....	37
3.4 Controle da irrigação.....	38
3.5 Tratamentos e delineamento experimental	39
3.6 Características avaliadas.....	41
3.7 Análise dos dados.....	43
3.7.1 Superfície de resposta	44
3.7.2 Lâmina de água econômica ótima	45
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	48
4.1 Irrigação efetuada.....	48
4.2 Produtividade.....	52
4.3 Altura de plantas	58

4.4 Número de grãos/espiga	61
4.5 Qualidade industrial: Testes físico-químicos.....	64
4.5.1 Peso do hectolitro.....	64
4.5.2 Peso de 1000 grãos	65
4.5.3 Dureza	68
4.5.4 Teor de cinza no grão e na farinha	69
4.5.5 Proteína do grão e da farinha	71
4.5.6 Extração de farinha	75
4.5.7 Sedimentação	78
4.5.8 Falling number ou número de queda	80
4.6 Testes reológicos.....	83
4.6.1 Alveografia.....	83
4.6.1.1 Pressão, extensibilidade, relação P/L.....	83
4.6.1.2 Força geral do glúten.....	85
4.6.2 Farinografia.....	90
4.6.2.1 Absorção de água	90
4.6.2.2 Tempo de desenvolvimento da massa e índice de tolerância a mistura	91
4.6.2.3 Estabilidade	95
4.7 Glúten úmido, glúten seco e índice de glúten	96
4.8 Escore de panificação	98
4.9 Produtividade x qualidade	98
4.10 Lâmina economicamente ótima.....	103
5 CONCLUSÕES.....	115
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	117
ANEXOS.....	134

RESUMO

SCALCO, Myriane Stella. Características agronômicas e de qualidade industrial do trigo sob irrigação e adubação nitrogenada. Lavras: UFLA, 2000. 143p. (Tese – Doutorado em Agronomia).*

Neste estudo, conduzido no Campus da Universidade Federal de Lavras/UFLA localizada no estado de Minas Gerais a 21°14'06" de latitude sul e 45° 00'00" de longitude oeste, Brasil, durante o ano de 1997. Foram avaliados os efeitos de lâminas de irrigação e adubação nitrogenada sobre a produtividade e características de qualidade industrial de duas cultivares de trigo. Os tratamentos constaram da combinação de quatro lâminas de irrigação baseadas na porcentagem de evaporação acumulada do tanque Classe A-ECA (L0= 0%, L30= 30%, L60= 60% e L90= 90% da ECA); quatro doses de nitrogênio (N0= 0, N60= 60kg/ha, N120= 120kg/ha e N180= 180kg/ha) e duas cultivares de trigo, 'BR 26' e 'EMBRAPA 22'. Para irrigação utilizou-se o sistema de aspersão convencional e as características avaliadas foram: altura de plantas, produtividade de grãos, número médio de grãos/espiga e características de qualidade industrial do grão e da farinha, tais como peso de 1000 grãos, peso do hectolitro, dureza, teor de proteínas do grão e da farinha, teor de cinzas do grão e da farinha, extração de farinha, "falling number", sedimentação, teor de glúten, alveografia (pressão de ruptura - P, extensibilidade - L, relação P/L e força do glúten-W), farinografia (absorção de água, tempo de desenvolvimento da massa, estabilidade, índice de tolerância à mistura) e escore de panificação. Concluiu-se que: a produtividade, o número de grãos/espiga e o peso do hectolitro aumentaram com o aumento das lâminas de irrigação de forma linear dependendo da dose de nitrogênio utilizada para as duas cultivares estudadas. Os valores de "falling number" decresceram em função do aumento das lâminas nas doses de nitrogênio (N120 e N180) para a 'EMBRAPA 22' e em todas as doses para a 'BR 26'. O teor de proteína do grão e da farinha e os valores de força do glúten (W) decresceram com o aumento da lâmina de irrigação nas doses de 120 e 180kg/ha. O tempo de desenvolvimento da massa decresceu com o aumento das lâminas em todas as doses de nitrogênio. A superfície de resposta, revelou um efeito mais acentuado da água em relação ao nitrogênio sobre a produtividade. As diferentes lâminas não afetaram o teor de cinza na farinha, proteína da farinha, sedimentação, extensibilidade, relação P/L, glúten seco e o escore de panificação.

Comitê orientador: Manoel Alves de Faria – UFLA (orientador), Augusto Ramalho de Moraes – UFLA (Co-orientador), Rogério Germani EMBRAPA/CTAA (Co-orientador), Ricardo Pereira Reis – UFLA (Co-orientador).

A altura de plantas, o teor de cinza no grão, a absorção de água, a extração da farinha e o índice de tolerância a mistura aumentaram com o aumento das lâminas de irrigação, enquanto a estabilidade decresceu. Para uma dada relação de preços a maior margem de lucro foi obtida para a 'BR 26' aplicando-se 180kg/ha de N e lâmina total de água ao redor de 400mm.

ABSTRACT

SCALCO, Myriane Stella. Agronomic and industrial quality characteristics of wheat under irrigation and nitrogen fertilization. Lavras: UFLA, 2000. 143p. (Doctorate thesis in Agronomy - Plant Science).

In this study conducted at the Campus of the Lavras Federal University (UFLA), located in state of Minas Gerais at 21°14'06" of latitude south and 45°00'00" of longitude west, Brazil, over the year of 1997. The effects of irrigation depths and nitrogen fertilization on the yield and industrial quality characteristics of two wheat cultivars were evaluated. The treatments consisted of the combination of four irrigation depths based on the evaporation percentage accumulated of the class A pan - ECA, (L0= 0%, L30= 30%, L60= 60% and L90= 90% of ECA); four doses of nitrogen (N0= 0, N60= 60kg/ha, N120= 120kg/ha e N180= 180kg/ha) and two wheat cultivars, BR 26 and EMBRAPA 22. For irrigation, the conventional sprinkler system and the characteristics evaluated were: plant height, grain yield, average number grain/ear and industrial quality characteristics of grain and flour, such as weight of 1000 grains, hectoliter weight, hardness, protein content of grains, ash content of grain and flour, flour extraction, falling number, sedimentation, gluten content, alveography (rupture pressure - P, extensibility - L, P/L ratio and gluten strength - W), farinography (water absorption, mass developmental time, stability, index of tolerance to the mixture) and baking score. It follows that: yield, number of grains/ear and hectoliter weight increased with the increase of irrigation depths in a linear form depending on the dose of nitrogen utilized for the two cultivars studied. The values of falling number decreased in terms of the increase of the depths at the doses of nitrogen (120 and 180kg/ha) for EMBRAPA 22 and at every doses for BR 26. The protein content of the grain and flour and the values of gluten strength (W) decreased with the increase of irrigation depth at the doses of 120 and 180kg/ha. The developmental time of the mass decreased with the increase of the depths at every doses of nitrogen. The response surface revealed a more marked effect of water in relation to nitrogen upon yield. The different depths did not affect the ash content in the flour, flour protein, sedimentation, extensibility, P/L ratio, dry gluten and baking score.

Guidance Committee: Manoel Alves de Faria - UFLA (Major Professor), Augusto Ramalho de Moraes - UFLA (co-adviser), Rogério Germani - CTAA/EMBRAPA (co-adviser), Ricardo Pereira Reis - UFLA (co-adviser).

Plant height grain ash content, water absorption, flour extraction and index of tolerance to mixture increased with the increase of the irrigation depths, while stability decreased. For a given price relation the highest profit margin was obtained for BR 26 by applying 180kg/ha of nitrogen and total water depth around 400mm.

1 INTRODUÇÃO

O trigo é historicamente um dos cereais de maior importância na alimentação humana.

No Brasil, em 1999 o trigo foi cultivado em uma área de aproximadamente 1.217.000 hectares com uma produção total de cerca de 2.322.000 toneladas (Agrianual, 2000), sendo que seu cultivo é proveniente principalmente das áreas de clima temperado como os estados do sul do país. Porém, nas duas últimas décadas a cultura tem-se expandido em maior escala para estados do centro-oeste e sudeste.

Apesar da importância do trigo como cereal básico na alimentação no Brasil, tanto a área cultivada, como a produção e rendimento têm estado sujeitos a grandes variações nas últimas safras, devido principalmente à falta de estabilidade política de financiamentos, preço mínimo de produção e fracassos de safra. Esses fracassos devem-se em grande parte às adversidades ambientais a que as plantas estão sujeitas.

Durante os períodos de cultivo de trigo, as condições de clima são bastante variáveis. Dentre os fatores climáticos, a precipitação pluviométrica é aquela que freqüentemente limita o rendimento do trigo, principalmente nas regiões central e sudeste do Brasil. Nesse caso, a irrigação torna-se prática indispensável para permitir o cultivo na época seca e garantir a produção da cultura no período das chuvas, quando ocasionalmente, ocorrem períodos de estiagem.

Por outro lado, tanto a falta quanto o excesso de água aplicada por meio da irrigação podem limitar o desenvolvimento e o rendimento final da cultura.

A irrigação na cultura do trigo, desde que corretamente manejada, pode duplicar ou triplicar a produção de cultivares normalmente cultivadas sem irrigação como tem sido demonstrado por vários resultados de pesquisa.

Perguntas tais como: quando irrigar? e quanto aplicar de água? podem ser respondidas na fase de elaboração do projeto, porém na condução da cultura irrigada reavaliações devem ser feitas, visando a informações que possibilitem ações a fim de tirar o maior proveito possível, dos fatores que possam ser favoráveis e, minimizando os fatores de risco.

Aliado ao manejo da água de irrigação, a produtividade das culturas se prende ao nível de fertilidade de um determinado solo. Dessa forma, o controle de água do solo e de sua fertilidade constitui um critério preponderante para o êxito da agricultura.

No caso da cultura do trigo irrigado, entre os nutrientes que influenciam o seu rendimento, o nitrogênio é um dos mais absorvidos durante o ciclo de desenvolvimento das plantas. Como a absorção de nutrientes ocorre através da solução do solo, deve existir uma combinação ótima de nutriente e umidade disponível no solo, acima ou abaixo da qual o nível de produtividade decresce, seja pelo excesso ou pela falta de um desses elementos.

Além de afetar o crescimento da planta e o rendimento de grãos, o manejo inadequado de água e nutrientes pode afetar a qualidade industrial do trigo. Essa qualidade engloba um conjunto de características físicas e químicas e reológicas do trigo que definem o seu uso na indústria.

Vários desafios foram vencidos pela pesquisa tritícola no Brasil. Com a elevação da produtividade alcançaram-se índices competitivos comparáveis aos obtidos por outros países produtores com cultivares cuja qualidade industrial é igual ou superior a dos trigos importados. Porém, essa qualidade parece não depender apenas de fatores genéticos, mas também de condições ambientais, de manejo das cultura, de secagem e armazenamento que poderão alterar valores que expressam a qualidade industrial das cultivares e, conseqüentemente, seu enquadramento em classes (EPAMIG, 1999).

Dessa forma, para proporcionar ao produtor melhor remuneração na

comercialização do produto agrícola, para favorecer a competitividade do mercado interno perante o mercado internacional e promover a industrialização de gêneros alimentícios de qualidade superior, torna-se necessária a intensificação de estudos que definam técnicas adequadas de manejo para fatores determinantes da qualidade final do produto. Atualmente, resultados de pesquisa nessa área são escassos.

O objetivo deste trabalho foi estudar o efeito de diferentes lâminas de irrigação, doses de nitrogênio e a interação desses fatores sobre características agronômicas, componentes de produção e qualidade industrial de duas cultivares de trigo irrigado.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2. 1 Considerações gerais sobre a cultura do trigo

O trigo é uma planta originária de clima frio, porém com a intervenção do homem nos processos de cultivo e a adaptação de novas variedades, o trigo passou a ser cultivado sob os mais diversos tipos de clima.

Esse cereal é cultivado sob condições de sequeiro e sob irrigação, dependendo da região. O trigo de sequeiro é produzido em regiões de clima temperado, zonas subtropicais com chuvas de inverno, tropicais próximas ao Equador, montanhosas com altitudes de mais de 1500m e tropicais, afastadas do Equador, onde o período chuvoso é longo e se produz como trigo de inverno. Por outro lado, o trigo sob condições de irrigação é cultivado nas zonas tropicais, quer em zonas montanhosas próximas ao Equador ou em terras baixas distantes do Equador. Já nas zonas subtropicais com chuvas de verão, o trigo é cultivado sob irrigação nos meses de inverno (Doorenbos, 1994).

No Brasil, o trigo é cultivado principalmente nos Estados do Sul, porém com a seleção de cultivares pouco exigentes a frio e neutras quanto ao fotoperíodo, associada à necessidade de se aumentar a produção nacional, tornou-se viável a expansão da cultura para regiões não tradicionais localizadas nos Estados do Mato Grosso do Sul, sudoeste de São Paulo, Goiás, nordeste e oeste do Paraná e Minas Gerais (Tomasini, 1982). Porém, Faria (1981) comentou que apesar das vantagens relativas a alguns fatores climáticos nessas regiões, a deficiência hídrica no inverno é fator limitante à obtenção de produtividades satisfatórias. Assim sendo, ao longo das últimas décadas vários autores demonstraram a necessidade e viabilidade da irrigação do trigo nessas regiões, (Silva,1976; Alcover, Galdêncio e Vieira 1978), o que segundo Faria e Ollita (1982) beneficiaria também outras culturas.

Em Minas Gerais as primeiras informações sobre o cultivo de trigo datam de 1930, porém somente a partir de 1975/76 é que o Estado engajou-se no processo de produção comercial (Moura, Pires e Lima 1979). Segundo Reis (1994), a questão fundamental do cultivo de trigo em Minas Gerais é sua dependência do regime de chuvas, ou melhor, do fator água nos períodos exatos de desenvolvimento. Assim, a grande solução é o uso da irrigação, prática que vem se difundindo cada vez mais e que, com o manejo adequado da água e de outros fatores, pode proporcionar altas produtividades e melhor qualidade do trigo destinado à indústria.

A demanda e o reconhecimento por parte dos pesquisadores, extensionistas e agricultores da necessidade de se estabelecer em calendários de irrigação com o propósito de obter rendimentos satisfatórios de trigo, tem levado órgãos como a EMBRAPA, EPAMIG (MinasGerais), IAC (São Paulo) e outras entidades de pesquisa do país a um esforço maior na tentativa de definir técnicas e procedimentos operacionais, como forma de melhorar os índices de produção.

De acordo com Rosa e Rosa Filho (1998) existem basicamente dois modelos de triticultura que permitem produzir trigo a custos internacionalmente competitivos: o modelo de baixo investimento, empregado em regiões com baixa disponibilidade de água; e o modelo de alta produtividade, empregado em regiões nas quais a deficiência hídrica não é fator limitante. Porém, o autor afirma também que, atualmente, o principal fator limitante à produção do trigo no mundo é a deficiência hídrica.

Nas condições de Minas Gerais, experimentos com trigo irrigado vêm sendo realizados desde a década de 50. Thibau (1952), conduziu experimentos com trigo irrigado em rotação com arroz em regiões de várzeas do Estado de Minas Gerais. O autor comprovou a possibilidade de obtenção de produtividades médias de 1000kg/ha e concluiu que além da elevação da produtividade a

irrigação permitia o aproveitamento das áreas cultivadas com arroz na entressafra.

Atualmente, com o aperfeiçoamento dos equipamentos de irrigação, o melhoramento genético de cultivares e de outros fatores, o potencial de produtividade do trigo irrigado pode ser de quatro a cinco vezes maior do que aqueles obtidos em 1952. Entretanto, na cultura irrigada, principalmente naquela em que o custo de implantação de um sistema é alto, como no caso da irrigação por aspersão (convencional, autopropelido, pivô - central) cada vez mais utilizada para o trigo em rotação com outras culturas em terras altas, o manejo correto de outras técnicas durante o desenvolvimento da cultura deve ser cuidadosamente planejado de forma a otimizar os altos investimentos com irrigação.

Segundo Guerra, Silva e Azevedo (1994) e Guerra (1995) , no manejo de sistemas irrigados, a definição do momento de irrigação é fundamental para propiciar uma programação racional das aplicações de água ao longo do ciclo da cultura. Além disso, de acordo com Filgueira, Guerra e Ramos (1996), a determinação da quantidade de água aplicada em cada irrigação faz-se necessária para otimizar os custos de implementação do sistema de irrigação por unidade de área, diminuição das perdas de nutrientes, além de proporcionar uma colheita com máximo rendimento da cultura.

Além da água, os nutrientes também podem limitar o rendimento das culturas (Frizzone, 1986). No caso do nitrogênio, por exemplo, a possibilidade de adição desse nutriente ao solo, está normalmente relacionada ao aumento de produção (Suhet, Peres e Ritchey, 1988). O efeito da interação água e nutriente tem sido estudado por diversos autores, tanto no Brasil (Silva et al., 1993; Frizzone et al., 1996), quanto no exterior (Lathwal et al. 1992 e Abd-El - Gagawad et al. 1993, entre outros).

Segundo Rosa e Rosa Filho (1998) quando o objetivo é um modelo de alta produtividade para a cultura do trigo, consegue-se reduzir o custo da tonelada produzida por meio de alto rendimento, lançando-se mão de tecnologia, dentre as quais, o incremento no uso de fertilizantes nitrogenados que elevam a porcentagem de proteína no grão, aumentando a força do glúten.

2.2 A qualidade industrial do trigo.

Schoeder, citado por Guarienti (1996), apresenta conceitos relativos de qualidade e, portanto, dependentes do segmento social que a avalia.

Assim, para o triticultor, o trigo de qualidade superior é aquele que possui boas características agrônômicas, como resistência a doenças e pragas, alto potencial de produção e elevado peso do hectolitro.

Para o moagheiro, a qualidade significa matéria prima uniforme em tamanho e forma, alto peso específico, alto rendimento em farinha e baixos teores de cinzas, coloração desejável do produto final e baixo consumo de energia elétrica durante o processamento industrial.

Já, para o panificador, a farinha de boa qualidade deve possuir alta capacidade de absorção de água, boa tolerância ao amassamento, glúten de força média a forte e bem balanceado, com alta porcentagem de proteína, fatores esses que determinam a alta potencialidade de produção de pão com boas características.

Para o consumidor, o trigo de boa qualidade é aquele capaz de produzir pães de grande volume, com texturas interna e externas adequadas, boa cor e alto valor nutritivo.

Segundo Pirozi (1995), a qualidade de determinada cultivar de trigo é o resultado de uma série de fatores de ordem genética, das condições climáticas e do solo, do modo de cultivo e do manejo que influenciam a planta e a composição do grão.

A aptidão dos trigos para os diferentes usos industriais, pode ser determinada por várias características dos grãos e da farinha, que dependem tanto das condições ambientais (clima, solo, práticas culturais e outras) como, também, do genótipo, (Bequette, 1989).

De acordo com Pomeranz (1978), a qualidade nos grãos é identificada por parâmetros físicos, como peso do hectolitro (PH), peso de 1000 grãos (PMG) e consistência do endosperma (dureza) e físico - químicos, como umidade, cinza, proteína, número de queda ("Falling Number") e índice de sedimentação em SDS (que estima a força do glúten). Já na farinha de trigo, os parâmetros de qualidade são principalmente químicos, reológicos e de panificação e, são comumente verificados a umidade, a acidez, cinza, proteína, número de queda, teor e força do glúten, absorção de água, propriedades de mistura e volume de pão.

O PH é a massa de 100 litros de grãos de trigo, expressa em quilogramas e a ele estão associadas várias características do grão, como a forma, a textura do tegumento, o tamanho, o peso e as características extrínsecas ao material, como a presença de palha, terra e de outras matérias estranhas.

Segundo Shellenberger (1980), o fato de um trigo apresentar maior valor de PH não indica que seja de qualidade superior, pois essa diferença só será significativa quando se compara a mesma variedade com valores de PH bem diferenciados, como por exemplo, 68kg/hl e 80kg/hl. Os valores muito baixos podem indicar a ocorrência de problemas na lavoura que tenham afetado o enchimento do grão e sua qualidade. Valores de PH acima de aproximadamente 73,4kg/hl têm pouca influência sobre o rendimento da farinha (Zeleny, 1971), porém trigos com enchimento deficiente, em decorrência de seca ou doença apresentam valores de PH menores (38kg/hl ou menores) e correspondentes a baixos valores em rendimento de farinha (Halverson e Zeleny, 1988).

Gottschald (1996) analisando várias linhagens de trigo encontrou valores de PH variando de 72,2 a 76kg/hl e alegou que essa variação pode ter sido causada por diferenças no formato e tamanho de grãos o que permitiu diferentes acomodações no recipiente de determinação. Já, Pirozi (1995), obteve para três cultivares de trigo valores acima de 80kg/hl, sem diferença expressiva entre as cultivares estudadas.

O peso de 1000 grãos é uma medida que apresenta forte controle genético, mas também é afetado pelas condições de temperatura, luminosidade e umidade, principalmente na fase de maturação no campo (McRitchie, 1980).

Alguns trabalhos indicam que o peso de 1000 grãos apresenta melhor correlação com o rendimento de moagem do que o peso do hectolitro. Segundo Germani et al. (1997) grãos grandes e mais densos normalmente têm maior proporção de endosperma que os grãos pequenos e menos densos e por isso seria de se esperar que fornecessem maior rendimento de moagem. Também é difícil fazer qualquer afirmação sobre a qualidade de um determinado trigo para uso em panificação com base nesses resultados, isoladamente. Como a densidade do amido e da proteína são semelhantes, grãos com alto teor de amido ou de proteína, podem apresentar valores de peso do hectolitro semelhantes e isso não significa nada em termos de qualidade. Apesar disso, esses testes são amplamente empregados na indústria como rápido indicativo da qualidade dos grãos recebidos para moagem.

A dureza dos grãos é a dificuldade de desintegração dos grãos quando sobre eles é exercida uma pressão (Simmonds, 1974 citado por Guarienti, 1996). Segundo Hoseneý, Wade e Finley (1988) e Guarienti (1996), essa característica tem forte controle genético, mas é afetada também por fatores ambientais, tais como o solo (níveis de nitrogênio e fósforo, a capacidade de retenção de água), a época de cultivo, entre outros.

A dureza influencia o padrão de quebra do endosperma, a facilidade de separação entre endosperma e o farelo, o tamanho das partículas da farinha, a liberação da farinha de quebra e o consumo energético para moagem (Stenvert, 1972; Blakeney, Almgren e Jacob 1979; Kilborn et al., 1982). Os moageiros sabem que os trigos mais duros normalmente se comportam melhor durante a moagem.

A moagem de trigos duros produz maior percentual de amido danificado, o que resulta em maior absorção de água pela massa e conseqüentemente maior rendimento de pão (Obuchowski e Busheek, 1980). Já, de acordo com Pomeranz (1987), dureza extrema reflete em aumento de energia requerida na moagem e em redução no rendimento da farinha de qualidade aceitável. No entanto, grãos excessivamente moles interferem na eficiência de peneiragem.

Segundo Germani et al. (1997), a dureza empiricamente está associada ao teor de proteínas e oferece informação interessante ao moageiro, principalmente para determinar o teor de umidade de grãos para moagem, otimizando a extração. Segundo Guarienti (1996), do ponto de vista químico, os trigos duros originam farinhas com alto poder de absorção de água (desejável para a panificação) e com teor de proteína superior ao trigo suave e, assim os trigos duros são mais indicados para a fabricação de pães e macarrão e, os trigos suaves para bolachas e bolos.

O teor de proteínas é geralmente aceito como indicador seguro do potencial de panificação (Pomeranz, 1978). De acordo com Zeleny (1978), os grãos de trigo destinados à obtenção de farinha para panificação devem ter pelo menos 12% de proteína.

Nos países exportadores mais organizados como Canadá e Austrália, as cultivares de trigo são separadas em classes homogêneas e, dentro dessas classes, os lotes são segregados conforme a porcentagem de proteína 11,5; 12,5; 13,5 e 14,5% (Rosa e Rosa Filho, 1998). No Brasil as cultivares são

enquadradas em 5 (cinco) classes: trigo brando, trigo pão, trigo melhorador, trigo durum e trigo para outros usos (EPAMIG, 1999), porém a percentagem de proteína não é considerada nessa classificação.

Segundo Germani et al. (1997), a quantidade de proteína é determinada por fatores ambientais e também genéticos. Chuvas e baixo teor de nitrogênio no solo, fazem baixar o conteúdo protéico. Porém além da quantidade é preciso levar em conta a qualidade das proteínas presentes, seja do ponto de vista nutricional ou funcional e principalmente a capacidade de formar glúten.

As proteínas do trigo podem ser divididas em proteínas não formadoras do glúten (albuminas e as globulinas), proteínas formadoras do glúten como a gliadina (uma prolamina) e a glutenina (uma glutelina) e ainda o resíduo protéico (Finney et al., 1987). As gliadinas parecem ser responsáveis pela coesividade da massa e as gluteninas dão à massa a propriedade de resistência à extensão, segundo Germani et al. (1997).

Glúten é o nome genérico dado ao conjunto de proteínas do trigo insolúveis em água que possuem a capacidade de formar massa, ou seja, quando são misturadas farinha de trigo e água pode-se observar a formação de uma rede protéica de uma massa constituída de glúten ligado aos grânulos de amido. Essa rede, segundo Germani et al. (1997), tem a capacidade de deformar-se parcialmente sem romper-se. Isso é necessário nos produtos de panificação, nos quais o gás gerado pelas leveduras (fermento biológico) durante a fermentação da massa, deve ser retido pela massa para que ela se expanda e se obtenham produtos aerados e leves.

Trabalhos têm demonstrado que o conteúdo de proteína no grão pode ser alterado em função do manejo da água e nutrientes durante o desenvolvimento da cultura do trigo (Patel e Upadhayay, 1993; Sowers, Miller e Pan, 1994).

Em condições de deficiência hídrica o teor de uma proteína denominada prolina tem sua concentração aumentada em plantas estressadas (Laborem,

Wagner e Reyes, 1991). Por outro lado, segundo Germani et al. (1997), alta quantidade de prolina interfere na estrutura das proteínas do glúten e talvez isso seja uma causa importante na determinação das características particulares do glúten.

A cinza é o resíduo resultante da queima da matéria orgânica, no caso do trigo, sendo constituída por fosfatos e sulfatos de potássio, por cálcio e magnésio. Segundo Gottschald (1996), certos trigos possuem naturalmente maior teor de cinzas no endosperma em razão das condições de solo, crescimento e de fatores genéticos.

Pirozi (1995) encontrou teores de cinza no grão de 1,62% para a cultivar BR-23, 1,57% para a Anahuac e 1,50% para a BR-35. Segundo Kruger e Reed (1988) o conteúdo mineral por si só não está relacionado com a qualidade final do produto, mas dá alguma indicação sobre a habilidade do moageiro e o grau de refinamento no processo de moagem.

Em relação à indústria, o teor de cinzas é utilizado para o cálculo da curva de cinzas, que mede a eficiência do processo de moagem (Bär, 1979). De acordo com Gonçalves (1997), quanto menor o teor de cinza e maior o teor de proteína, melhor será a qualidade do grão para fins de obtenção de farinha para panificação.

O rendimento de moagem ou extração expressa a quantidade de farinha retirada em relação ao peso total das frações obtidas e é influenciado pela proporção entre endosperma e as outras partes do grão o qual depende de vários fatores, como cultivar, tamanho e formato do grão, tratamentos culturais e condições do ambiente, entre outros (Germani et al., 1997).

O número de queda ou "Hagberg Falling Number" tem por finalidade verificar a atividade da enzima alfa-amilase do grão, a fim de detectar danos causados pela germinação na espiga e segundo Moss, Derera e Balaam (1972), está relacionada principalmente à ocorrência de chuvas por ocasião da colheita.

Hagberg (1960) e Perten (1964), relataram que normalmente a farinha de trigo para a panificação deve ter número de queda entre 200 e 250 segundos. Quando esse número for inferior a 150 segundos, existe grande risco de o miolo do pão tornar-se pegajoso. Farinhas com número maior que 350 segundos, produzem pães com volume inferior e miolo mais seco, portanto são inadequados para a produção de pães fermentados (Quaglia, 1988).

Germani et al. (1997), relatam que os grãos sadios possuem β -amilase em abundância, mas baixo teor de α -amilase. Quando o grão germina, o teor de α -amilase aumenta consideravelmente. A presença de certa quantidade de α -amilase é importante para a produção de açúcares, que garantem a quantidade necessária para uma fermentação correta e, também para a obtenção de uma boa cor e aroma no amassamento. Se a quantidade for excessiva, a produção de dextrinas é muito alta, restando muita umidade no miolo e deixando-o pegajoso (gomoso). Em caso de excesso, não há solução, mas quando o problema é deficiência de α -amilase, a farinha pode ser suplementada com enzimas de outras fontes (malte diastático, α -amilase fúngica ou bacteriana).

O teste de determinação do número de queda não quantifica a enzima, mas permite comparar diferentes farinhas e separar aquelas que apresentam níveis adequados da enzima para serem usadas em panificação, daquelas que apresentam quantidade excessiva ou insuficiente de α -amilase. O valor do número de queda (expresso em tempo) será tanto maior quanto mais alta a viscosidade da suspensão, ou seja, quanto menor a quantidade da enzima (Germani et al., 1997).

O teste de sedimentação de Zeleny e o de microssedimentação com sulfato dodecil de sódio (MS-SDS) estimam o potencial de panificação (força do glúten) e, são testes rápidos e econômicos que requer pequena quantidade de amostra (Axford, McDermott e Redman, 1978). O uso do índice MS-SDS (relação entre valores de sedimentação e conteúdo de proteínas) foi

recomendado por Dexter et al. (1981) para efeito comparativo entre anos de estudo. Blackman e Gil (1980), estudaram 25 cultivares de trigo de inverno mole e duro. Os volumes de sedimentos encontrados variaram entre 19 e 33ml em pães de performance fraca e entre 38 e 67ml nos que apresentaram performance entre média e boa. Esses trigos apresentaram baixos conteúdos protéicos (média de 9,3%) e alta atividade amilolítica (Falling number de 93 segundos). Williams et al. (1988) obtiveram 64ml como média de volume de sedimento em 35 amostras de trigo mole. D'egidio et al. (1990), avaliaram 10 cultivares de trigo duro e encontraram correlação entre o teste com SDS com parâmetros alveográficos e com o conteúdo protéico, permitindo selecionar os materiais de pior qualidade. Gottschald (1996), obtiveram valores de 29,7 e 37,3ml em duas linhagens de trigo, inferiores ao obtido por Williams et al. (1988), de 64ml para o trigo branco mole.

O teste feito mediante a lavagem do glúten, também tem sido utilizado. Porém, Pomeranz (1988) comenta que esse teste não é recomendado para determinações de rotina em larga escala, pois não apresenta grande precisão.

Kurkarni, Ponte e Kulp (1987), determinaram os conteúdos de glúten úmido e seco por meio de lavagem no aparelho Glutomatic. Esses conteúdos variaram da seguinte forma de acordo com o tipo de trigo: 20,9 a 40% de glúten úmido e 10 a 24,5% de glúten seco no trigo vermelho duro de inverno; 31 a 41,9% de glúten úmido e 11,7 a 15,3 de glúten seco para trigo vermelho duro de primavera.

Como testes reológicos, podem ser citados a alveografia, mixografia, a farinografia e, de acordo com Guarienti (1996), este último é um dos mais complexos e sensíveis testes para a avaliação da qualidade de mistura da massa da farinha de trigo.

Segundo Rosa e Rosa Filho (1998), a forma predominante de avaliação da qualidade do trigo é o uso do alveógrafo, que mede o parâmetro Força de

glúten (W). Trigos com alta força de glúten (> 300) são considerados fortes e mais valorizados internacionalmente, enquanto trigos fracos ($W < 150$) são menos valorizados. Para a produção tradicional do pão francês, o trigo deve apresentar W entre 180 e 200, o que pode ser conseguido com a mistura de trigos fortes e fracos.

Na alveografia, a massa de formato redondo e chato, recebe um “sopro” de ar que a faz inflar como uma bolha até estourar. A deformação é registrada em um gráfico, em que a altura máxima e o comprimento da curva são usados como medida de resistência à deformação e extensibilidade (Germani, Benassi e Carvalho, 1997). A força geral do glúten (W) é fornecida pela medida da área sob a curva multiplicada por uma constante (Guarienti, 1996).

Quanto a farinografia, esse é um dos mais completos e sensíveis testes para a avaliação de mistura da massa de farinha de trigo. No farinograma, são medidos diversos índices de qualidade, como o tempo de desenvolvimento da massa (TDM), a estabilidade (EST), o índice de tolerância da massa (ITM), o valor valorimétrico (VV) entre outros (Guarienti, 1996). De acordo com Germani et al. (1997) esse teste ajuda a prever o comportamento de uma farinha durante a mistura, no processo de panificação. A força ou a resistência que a massa oferece ao movimento está relacionada com a consistência da massa, que se altera continuamente durante a mistura, e é registrada em um gráfico.

O escore de panificação é um teste no qual avaliam-se características do pão considerando-se cor da crosta, tipo de pestana, formato, cor e aparência do miolo, além do volume específico do mesmo (volume/peso), sabor e aroma, (Germani, 1997)

Existe uma exigência cada vez maior em relação à qualidade industrial do trigo e muitos trabalhos relatam resultados das pesquisas realizadas. Esses resultados porém, na sua maioria, referem-se aos processos pós-colheita, sendo que os efeitos das condições ambientais e do manejo da cultura no campo sobre

a qualidade industrial, embora citados, são pouco estudados. Entretanto, de acordo com EPAMIG (1999), tanto as condições ambientais, de cultivo, até condições de secagem e armazenamento podem alterar os valores que expressam a qualidade industrial das cultivares e, conseqüentemente, seu enquadramento em classes. Essas classes, segundo a Instrução Normativa nº.1, de 27/01/1999, do Ministério da Agricultura e Abastecimento (Diário Oficial da União de 29/01/1999) são as seguintes: brando, pão, melhorador e trigo para outros usos, definidas principalmente em função das determinações analíticas de alveografia, (força do glúten) e Número de Queda ("Falling number"). Os tipos 1, 2 e 3 são definidos em função do limite mínimo de peso do hectolitro e dos limites máximos dos percentuais de umidade, de matérias estranhas, impurezas e grãos avariados. Segundo EPAMIG (1999), a cultivar EMBRAPA 22 classifica-se como trigo pão (destina-se à panificação, folheados, massas alimentícias e usos domésticos) e a ' BR 26' como trigo brando (destina-se a biscoitos doces, usos domésticos e em confeitarias).

2.3 O manejo da água na cultura do trigo

2.3.1 Períodos críticos de necessidade de água

O efeito da situação interna da água nos tecidos das plantas sobre o seu crescimento, desenvolvimento e rendimento máximo só pode ser positivo se existir um suprimento de água adequado durante todo o ciclo da cultura, (Mota, 1982).

Singh e Kumar (1981), demonstraram em sua pesquisa que os três períodos de desenvolvimento do trigo em ordem decrescente de sensibilidade ao déficit hídrico são: o emborrachamento/espigamento, florescimento ao desenvolvimento do grão e estágio vegetativo. Robins e Domingo (1962), já haviam verificado reduções no rendimento de grãos quando o déficit hídrico se

desenvolveu durante ou após o espigamento. Por outro lado, danos indiretos também podem ocorrer à cultura do trigo quando a umidade é excessiva.

Kramer (1969), já afirmava que a aeração deficiente nas raízes causa decréscimo na absorção de água pelas plantas e Reitz citado por Scheeren, Carvalho e Federezzi (1995) relatou que nestas condições (umidade excessiva) há tendência de proliferação de plantas daninhas e, de criação de ambiente favorável ao acamamento e aos patógenos da parte aérea das plantas.

Quanto a deficiência hídrica, Azevedo (1988) verificou que a falta de água na fase intermediária de desenvolvimento, do início do emborrachamento até o final do espigamento, revelou-se um período crítico em relação à água utilizada pela cultura do trigo, causando redução de até 50% no rendimento, dependendo da intensidade do déficit. A necessidade de água pela cultura verificada nessa fase foi elevada, alcançando média de até 7,6mm/dia.

Matsunaka, Takeuchi e Miyawaki (1992), estudando diferentes períodos de irrigação observaram que a irrigação feita do início do perfilhamento até o espigamento resultou em maior número efetivo de espigas e maior produtividade de grãos do que a irrigação feita em outros estádios de desenvolvimento. A irrigação no período citado também promoveu maior absorção de nitrogênio pela cultura e aumentou o número de perfilhos. Redução no PMG quando a suspensão da irrigação foi feita no início da fase reprodutiva do trigo foi verificada por Azevedo et al. (1992).

Doorenbos (1994), relataram que para obtenção de rendimentos elevados, as necessidades hídricas (Evapotranspiração máxima) do trigo variam de 450 a 650mm, dependendo do clima e da duração do ciclo fenológico, sendo que déficits hídricos severos no período vegetativo podem produzir pouco efeito no desenvolvimento da cultura ou, até acelerar o ciclo. Já, o período de floração é bastante sensível, pois a formação e fertilização do pólen podem ser seriamente prejudicados pela escassez de água, reduzindo o número de

espigas/planta, o comprimento das espigas e o número de grãos/espiga. Na fase de floração, o crescimento de raízes também pode ser reduzido significativamente pelo déficit hídrico. Na fase de enchimento dos grãos um déficit hídrico resulta em menor peso de grãos, enquanto na maturação tem efeito pequeno sobre o rendimento de grãos.

Já, El-Far-Ia e Allam (1995) verificaram menor produtividade de grãos de trigo, com a suspensão da irrigação durante a fase de perfilhamento, enquanto a máxima produtividade foi verificada quando a irrigação foi realizada durante todo o ciclo

Guerra e Antonini (1996), estudando a época de suspensão das irrigações da cultura do trigo, verificaram que para obtenção de máxima produtividade e máximo peso do hectolitro, o suprimento de água deve ser mantido até a fase de desenvolvimento de grãos em estado de massa dura e que o corte no suprimento de água antes dessa fase causa redução na produtividade e conseqüente queda no preço do produto, porque prejudica o enchimento de grãos. Por outro lado, manter as irrigações após essa fase, causa prejuízos no valor final do produto, porque o peso do hectolitro diminui e aumenta o custo da lavoura pela aplicação desnecessária de água.

Fica evidente de acordo com os resultados obtidos nos trabalhos de pesquisa, que qualquer critério de irrigação deve considerar os períodos críticos de necessidade de água da cultura do trigo.

2.3.2 Efeitos do manejo da irrigação na cultura do trigo.

Do ponto de vista de manejo da água em agricultura irrigada, a definição do momento certo de irrigação é fundamental para uma programação racional das aplicações de água durante o ciclo das culturas. Existem vários métodos ou critérios para estabelecer esquemas de irrigação, tais como: a) relacionar a evapotranspiração da cultura com a evaporação do tanque "Classe A" (Pruitt e

Laurence,1968; Choudhury e Kumar,1980); b) relacionar a necessidade de reposição da água no solo com a água disponível no perfil do solo (Mishra et al.,1969; Singh, Singh e Bhushan, 1980); c) usar um esquema de irrigação fixo baseado no estágio de desenvolvimento da cultura (Bhans, 1977), associando a necessidade de água das culturas com a temperatura do dossel (Pinter Junior et al., 1990); d) relacionar a necessidade de irrigação à tensão da água no solo (Phene, Allee e Pierro,1989; Marouelli et al.,1991, entre outros).

A lâmina de irrigação aplicada depende também da uniformidade do sistema e do correto manejo da água, podendo proporcionar condições de déficit ou excesso de água na cultura irrigada.

Estudos sobre o manejo adequado da irrigação na cultura do trigo nas mais diversas condições de solo e clima são freqüentemente relatados em outros países e também no Brasil, embora a cada etapa de lançamento de novas cultivares, novas pesquisas devam ser realizadas. Esses estudos englobam as mais diversas formas de manejo para estabelecer-se o momento de irrigação.

Por exemplo, quanto à tensão ideal de água no solo para a cultura do trigo, vários pesquisadores a definem como sendo de 60kPa (Guerra, Silva e Azevedo 1992; Silva et al., 1993). Porém outros valores de referência podem ser encontrados na literatura. Espinosa, Silva e Souza (1980), obtiveram produtividade máxima de trigo de 4000kg/ha aplicando lâmina total de irrigação de 400mm de água em 14 irrigações, realizadas quando a tensão de água no solo atingia 35kPa. Com isso os autores concluíram também que a evapotranspiração real da cultura do trigo diminui com o aumento da tensão de água no solo com efeito diferenciado para determinadas cultivares. Millar (1984), sugeriu valores de 80 a 150kPa para definição do momento de irrigação do trigo.

No Mato Grosso do Sul, Silva et al. (1986) não encontraram diferenças significativas no rendimento de trigo entre os tratamentos irrigados a tensões desde 0,33 bares até 5,6 bares (33 até 560kPa), durante o ciclo, incluindo dois

tratamentos irrigados combinando-se tensões de 2,5 e 5,10 bares (250 e 510kPa), na fase inicial de desenvolvimento e 0,5bares (50kPa) a partir do emborrachamento até a maturação.

Guerra e Silva (1987), trabalhando com cinco valores de tensão de água no solo (0,33; 0,50; 0,70; 1,00 e 5,00atm = 33, 50, 70, 100, e, 500 kPa), estabelecidos a 10cm de profundidade no momento da irrigação durante todo o ciclo do trigo (BR-10 e Anahuac), em Latossolo Vermelho Escuro de cerrado, demonstraram que os rendimentos das duas variedades não foram alterados até a tensão de 0,67atm (67kPa), tendo sido obtida uma produtividade média em torno de 5000kg/ha. Nas tensões de 1 e 5atm (100 e 500kPa) as reduções de produtividade foram de 25 e 42%, respectivamente, em relação ao tratamento de maior rendimento. Não foi observada redução significativa para grãos por espiga, espiguetas por espiga e espigas por metro quadrado. A lâmina total aplicada nos tratamentos de maior rendimento variou de 600 a 800mm, relacionada linearmente com as tensões de água estabelecidas em cada tratamento.

Comparando nove cultivares irrigadas de trigo durante todo o período de crescimento, quando o potencial de água no solo a 20cm alcançava - 0,01MPa = - 10kPa (13 irrigações) ou quando o potencial de água no solo alcançava - 1,5MPa= - 1500kPa (tratamento seco, 2 irrigações), Klar, Denadai e Cataneo (1990) verificaram que a produtividade de todas as cultivares decresceu em condições de seca, porém o peso de 1000grãos não foi afetado. A altura de plantas também foi superior no tratamento com irrigação completa. Observou-se ainda a superioridade de determinadas cultivares em relação à resistência à seca.

Guerra, Silva e Azevedo (1994), estudaram os seguintes valores de tensão de água no solo como critério para irrigação na região de cerrado: 37kPa (796mm), 54kPa (712mm), 67kPa (596mm), 125kPa (477mm) e 536kPa

(396mm). Verificaram que a tensão de água no solo no momento das irrigações afetou o desenvolvimento e a produtividade do trigo apenas em 125 e 536kPa. Por outro lado, não teve influência na qualidade de grãos em termos de peso do hectolitro e peso de 1000grãos. A EPAMIG (1999) recomenda para a irrigação do trigo valores de tensão de 60kPa para produtividade de aproximadamente 4000kg/ha e de 40kPa quando a expectativa é de cerca de 6000kg/ha.

Outros estudos relatam o efeito do manejo de água na cultura do trigo em termos de lâminas de irrigação.

Ao testarem seis lâminas de irrigação na cultura do trigo, em Piracicaba/SP, Faria e Olitta (1982) verificaram 66% de aumento de produtividade graças à irrigação em relação à testemunha sem irrigação. Os resultados indicaram a faixa de 150 a 200mm de água como mais favorável à cultura, com produtividades de 2839 a 3019kg/ha, respectivamente. O peso de 1000 grãos foi afetado negativamente pela elevação da lâmina aplicada e o maior número de grãos por espiga foi obtido com lâminas próximas a 200mm.

A alteração da frequência de irrigação proporcionando diferentes lâminas de água, também afeta os padrões normais de desenvolvimento da cultura. Intervalos muito longos podem coincidir com períodos críticos de necessidade de água da cultura do trigo, afetando o crescimento e conseqüentemente o rendimento final.

Frizzzone et al. (1985) estudando os efeitos da frequência e da lâmina de irrigação sobre a produção de trigo cultivado em solo de cerrado, verificaram que alta frequência de irrigação elevou a produtividade de grãos até o máximo de 2006kg/ha, com irrigação efetuada cada vez que a evaporação do tanque "Classe A" atingia 20mm, aplicando-se lâmina de água correspondente a 100% dessa evaporação. Buriro et al. (1990), verificaram o efeito de diferentes frequências de irrigação na produtividade e componentes da produção de cultivares de trigo. A primeira irrigação foi realizada três semanas após a

semeadura e as irrigações subsequentes com 25, 20 ou 15 dias de intervalo, respectivamente. A frequência de irrigação não teve efeito significativo na produtividade de grãos. Contudo, o peso de 1000grãos foi maior para a cultura irrigada em cinco épocas. Mohamedali (1990), trabalhando com intervalos de irrigação de 7, 10, 14 e 21 dias, verificou que a produtividade de trigo diminuiu abaixo de 1t/ha, quando o intervalo de irrigação aumentou de 7 para 14 dias e de 14 para 21 dias. Já, a interação entre cultivares e irrigação não foi significativa. Shahin e Mosa (1994) relatam um decréscimo linear da produtividade de trigo com o aumento dos intervalos de irrigação (8, 13, 17 ou 28 dias). Pratibha e Ramaiah (1995) obtiveram uma produtividade máxima de grãos de 3,42t/ha com 8 irrigações ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultura do trigo (10 dias após a semeadura, iniciação da raiz adventícia, perfilhamento, pós-perfilhamento, emborrachamento, florescimento, estágio leitoso e estágio farináceo).

2.3.3 Efeito do manejo da irrigação e da adubação nitrogenada na cultura do trigo.

O nitrogênio é um dos nutrientes absorvido em maior quantidade pela planta do trigo, ocorrendo principalmente nas proteínas e núcleo - proteínas e em outros compostos como aminas, aminoácidos, polipeptídeos (Magalhães, 1979).

A resposta das culturas às diferentes combinações de irrigação e fertilizantes tem sido objeto de numerosas pesquisas (Frizzzone et al., 1996) e, normalmente é caracterizada por interação positiva desses dois fatores, principalmente em relação ao nitrogênio (Shimishi e Kafkafi, 1978; Singh e Kumar, 1981; Frizzzone, 1987). Porém, a natureza desta interação varia entre culturas e regimes de irrigação, refletindo a interdependência dos diferentes processos do solo e da planta como: o efeito do momento e da quantidade de irrigação sobre a lixiviação de nutrientes, o efeito da irrigação sobre a habilidade

da cultura em absorver nutrientes do solo, o efeito da fertilização sobre a eficiência do uso da água pela cultura e, o efeito de ambos os fatores sobre os componentes de produção. Entretanto, o suprimento de água no solo influencia de forma diferenciada a absorção desse nutriente pela planta (Gasser e Thorburn, 1972). Na presença de altas frequências de irrigação, segundo Stanford et al., citados por Calheiros (1984), a lixiviação de NO_3^- abaixo da zona radicular representa um problema. Além disto, a pouca aeração do solo decresce o aproveitamento de nitrogênio pela planta como resultado da desnitrificação.

No exterior, estudos da interação entre manejo de água e adubação nitrogenada e seus efeitos na produtividade de trigo têm sido relatados cada vez com maior frequência e, aumentos na produtividade de grãos de trigo com irrigação e doses mais altas de nitrogênio foram observados para diversas condições por diferentes pesquisadores: Rai e Sinha (1992), Lathwal, Tej-Singh e Singh (1992), Thakur e Gupta (1992), Cislak e Heldi (1992), Sharma et al. (1992), Tomar et al. (1993).

Bakhshi et al. (1992), obtiveram máxima produtividade de trigo com 120kg de N/ha e duas irrigações no período de desenvolvimento da cultura. Patel e Upadhyay (1993) irrigaram o trigo a 0,8, 1,2 ou 1,6 da evaporação acumulada do tanque "Classe A" e doses de fertilizantes de 90, 120 ou 150kg de N/ha e 45, 60 ou 75kg de P_2O_5 /ha. Eles observaram que a produtividade foi significativamente superior com o aumento da irrigação acima de 1,2 da evaporação acumulada do tanque "Classe A" e taxa de fertilizante nitrogenado acima de 120kg/ha, mas não foi afetada pela taxa de P.

A aplicação de N aumentou a produtividade de trigo em 18 a 47% na cultura não irrigada e em 15 a 50% na cultura irrigada (na taxa máxima de 150kg/ha), em trabalho realizado por Simon (1994).

Sharma, Kar e Jalota (1993), estudando o comportamento do trigo em diferentes condições de irrigação e adubação nitrogenada, observaram que as raízes penetraram o solo a grandes profundidades, na presença de altas doses de nitrogênio. A densidade do sistema radicular na camada superficial (0-20cm) aumentou com o aumento da dose de N e com irrigação a 1,2 da evaporação acumulada do tanque "Classe A; não foi afetada pelo N e irrigação a 0,9 da evaporação acumulada do tanque "Classe A", e decresceu com o aumento de N e irrigação a 0,6 da evaporação acumulada do tanque "Classe A".

Segundo Katterer (1995), a irrigação aumenta a produtividade de trigo e a absorção de nitrogênio, porém aumenta também a sua lixiviação. Esse fato, sugere que altas produtividades podem ser mantidas com perdas mínimas de N com aplicações parceladas de fertilizantes combinadas com a irrigação. Resultados obtidos por Ciobanu et al. (1995), também indicam acréscimo de produtividade com o incremento na taxa de irrigação e aumento na absorção de N pela cultura irrigada.

Em trabalho realizado por Ashok et al. (1995), foi verificado aumento na produtividade de trigo com o aumento na taxa de aplicação de N e frequência de irrigação. A máxima produtividade obtida foi de 3,65t/ha com a utilização de 180kg/ha de N + irrigação a 1,2 da evaporação acumulada pelo tanque "Classe A".

A resposta do trigo de inverno cultivado com e sem irrigação e aplicação de fertilizante nitrogenado, segundo Koszanski, Karczmarczyk e Podsiadlo (1995) foi a seguinte: sem irrigação a produtividade de grãos aumentou de 1,84t/ha, sem nitrogênio, para 3,6t/ha com 100kg/ha de nitrogênio e decresceu um pouco a partir daí. Com irrigação, aumentou de 2,5t/ha sem nitrogênio para 5,46t/ha com 150kg de N/ha. A produtividade por milímetro de água aplicada aumentou com o aumento nas taxas de N. A produtividade de grãos por quilo de N aplicado foi mais alta com 100kg/ha de nitrogênio. Já, em

outro experimento Koszanki et al. (1995) encontraram taxas ótimas de nitrogênio de 100kg/ha sem irrigação e 150kg/ha de nitrogênio sob irrigação, sendo que a produtividade líquida de água de irrigação aumentou em 7,4kg de grãos/mm sem nitrogênio para 20,7kg de grãos/mm com nitrogênio. A irrigação aumentou a produtividade média de grãos por kg de N aplicado de 15,2 para 20,9kg. Foram relatados também efeitos da irrigação e aplicação de N no peso do hectolitro, peso de 1000 grãos e na homogeneidade de tamanho de grãos de trigo.

Singh, Singh e Dey (1996), verificaram produtividade máxima do trigo (4,474t/ha) com irrigação na pré-semeadura e formação da raiz adventícia, com dose de nitrogênio de 150kg/ha. De acordo com resultados obtidos por Abo-Shetaia e Abd-El-Gawad (1995a), o atraso da irrigação até 39, 45 ou 67 dias após a primeira, reduziu a produtividade de grãos de trigo da cultivar "Giza 163" em 345, 353 e 641kg/feddan, respectivamente e da "Sakha 69" em 266, 535 e 1019kg/feddan, respectivamente, comparado ao atraso de 21 dias. A produtividade foi máxima quando a segunda irrigação foi feita 21 dias após a primeira, com uma aplicação de 90kg de N/feddan, (1 feddan=0.423ha).

Em outro trabalho, Abo Shetaia e Abd-EL-Gawad (1995b), verificaram redução de produtividade de 37,7, 29,1, 23 e 10,8% quando a irrigação foi interrompida no perfilhamento, no emborrachamento, estágio leitoso e estágio farináceo, respectivamente. A produtividade de grãos foi aumentada pela aplicação de nitrogênio. Ocorreram decréscimos na altura de plantas quando a irrigação aplicada não foi suficiente, em presença de baixas doses de nitrogênio.

No Brasil, trabalhos de resposta das culturas ao manejo de irrigação e fertilizantes nitrogenados foram relatados por Frizzzone (1986) em feijão, Teodoro (1991) em aveia, Filgueira, Guerra e Ramos (1996) em cevada, Frizzzone et al. (1996) em trigo, entre outros. Silveira (1976), submetendo a cultura do trigo a diferentes níveis de irrigação e doses de nitrogênio, constatou

que a produção aumentou com o aumento dos níveis de nitrogênio, não havendo diferença significativa entre as tensões de irrigação estudadas

Frizzzone et al. (1996), verificaram máxima produtividade de grãos de trigo com 274mm de irrigação e 80kg/ha de N. Sem déficit hídrico, doses elevadas de nitrogênio (160 a 320kg/ha) proporcionaram redução na porcentagem de abortamento de perfilhos. Lâminas de irrigação elevadas (157 e 274mm) e doses de nitrogênio inferiores a 80kg/ha proporcionaram os maiores valores médios de peso de 1000 grãos. O peso do hectolitro diminuiu com o aumento da dose de nitrogênio e redução na lâmina de irrigação.

Uma forma de se verificar o efeito simultâneo dos fatores água e nutriente, utilizada cada vez com maior frequência, tem sido a aplicação de modelos de superfície de resposta e nesse sentido, alguns trabalhos já foram publicados.

Heady e Pesek (1954), já trabalhavam com a aplicação da superfície de resposta em um experimento fatorial de adubação com nitrogênio (N) e fósforo (P) em milho. Foi estudado o comportamento de cada nutriente na presença de diferentes doses do outro. Quando o N foi fixado em zero, houve um decréscimo total no rendimento.

Campos (1967), estudando a aplicação da superfície de resposta a ensaios fatoriais de N, P, K, verificou que os parâmetros da equação de superfície apresentaram intervalos de confiança muito amplos, gerando uma certa imprecisão nas estimativas dos rendimentos, podendo ocorrer até obtenção de produções negativas.

Eckert, Chaudhry e Quereshi (1978) no Paquistão, por meio de modelo de superfície de resposta usando diferentes níveis de irrigação e adubação nitrogenada e fosfatada, verificaram uma queda de produtividade do trigo nas parcelas que combinaram altos níveis de N e água. Os autores apontam duas causas, como prováveis: a primeira seria a ocorrência de acamamento nessas

parcelas durante os meses frios, afetando o enchimento de grãos e a produção de fotoassimilados; segundo, a combinação de altas taxas de aplicação de água e N, alonga o período de crescimento em até 10 dias, o que é suficiente para permitir redução de produção, por causa de ao ataque de doenças. Considerando os custos de bombeamento da água e considerando as melhores condições de manejo, os autores encontraram que os níveis ótimos para produção de 4405 kg/ha foram de 150,6kg/ha N e 557mm de água. Engel (1991), encontrou redução de produtividade de trigo quando utilizou altos níveis de nitrogênio, com doses acima de 300kg/ha em lâminas de irrigação variando de 100 a 403mm.

Teodoro (1991) trabalhou com a aplicação de superfície de resposta no rendimento de matéria seca total da aveia em função de diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio. O autor observou que o rendimento máximo da matéria seca total (6,36t/ha) foi obtido com lâmina de irrigação correspondente a 100% da evaporação do tanque "Classe A" e a dose de 160kg de N/ha.

Méllo Junior (1992) estudou a influência de níveis de irrigação e doses de nitrogênio sobre a cultura do trigo, utilizando o modelo de superfície de resposta. Foi verificado neste estudo que a máxima produtividade ocorreu para lâmina de irrigação de 270mm e dose de nitrogênio de 227kg/ha. O autor considerou sub-regiões abrangendo produtividades de 4892 a 5377kg/ha como as mais favoráveis, nas quais o manejo proporcionou produções mais elevadas com uso mínimo de água e de adubo. A escolha, nesse caso, é dependente de análise econômica utilizando-se a relação de preços dos insumos e do produto. Componentes de produção, tais como número de grãos/espiga e peso de 1000 grãos foram afetados pela interação dos fatores estudados, irrigação e nitrogênio, enquanto o peso do hectolitro foi afetado tanto pela irrigação quanto pelo nitrogênio quando estudados isoladamente.

Gajri, Prihar e Arora (1993) traçaram isoquantas das equações obtidas com a aplicação de superfície de resposta em um experimento com diferentes doses de nitrogênio e lâminas de irrigação na cultura do trigo. Essas isoquantas mostraram que, dentro de determinado limite, a aplicação de N e o suprimento de água podem substituir um ao outro no aumento da produtividade do trigo.

Apesar de a produtividade ser decisiva na escolha de uma forma de manejo de irrigação ou na determinação de doses de fertilizante, o produtor hoje deve ter em mente o conceito da qualidade do produto, principalmente no caso do trigo. Algumas características de qualidade do trigo já foram e são estudadas no que se refere ao manejo de irrigação e níveis de nitrogênio, porém mais recentemente esse tipo de pesquisa ganhou espaço uma vez que no final de todo o processo produtivo a qualidade é determinante. No exterior, já existem relatos de resultados obtidos pela pesquisa nessa área, principalmente no que se refere a conteúdo de proteína no grão. No Brasil, as pesquisas são recentes.

Segundo Doorenbos (1994), em condições de suprimento limitado de água, quando os rendimentos são baixos, a porcentagem de proteína do grão aumenta, particularmente, com a aplicação pesada de nitrogênio. O efeito do nitrogênio sobre a porcentagem de proteínas é muito reduzido quando o nível do suprimento de água fica entre médio e ótimo, embora o rendimento tanto em grão, como em proteínas, seja maior. Já, déficits hídricos durante o período de formação de grãos resultam em grãos enrugados, o que reduz o rendimento da farinha. Abd-El-Gawad et al. (1993), encontraram aumento no conteúdo de proteínas nos grãos de trigo, quando a irrigação foi suspensa na fase de crescimento da espiga. Porém, o aumento de nitrogênio, isoladamente, aumentou o conteúdo de proteínas nos grãos. Já, Patel e Upadhyay (1993), observaram uma maior concentração de proteína nos grãos de trigo com o aumento em doses de nitrogênio e fósforo e irrigação. Sowers, Miller e Pan (1994), em trabalho cujo objetivo foi o de otimizar a produtividade e avaliar o

conteúdo de proteína nos grãos do trigo branco mole de inverno por meio de parcelamento das aplicações de nitrogênio, verificaram o seguinte: que altos níveis residuais de N no solo, redução nas taxas de N e parcelamento das aplicações entre outono e primavera, podem manter altas produtividades e reduzir a proteína do grão.

Koszanski et al. (1995), verificaram que o conteúdo de proteína nos grãos de triticale foi drasticamente reduzido pela irrigação e significativamente aumentado pela aplicação de altas taxas de N.

Em relação ao teor de cinzas, El Defrawy, Kheiralla e Dawood (1994) verificaram que o déficit hídrico reduziu o teor de cinzas de grãos de trigo em relação aos tratamentos com suprimento adequado de água no solo. Porém os relatos sobre o comportamento do teor de cinzas em relação ao manejo de irrigação são escassos.

Considerando-se os resultados obtidos pela pesquisa ao longo dos anos, puderam-se formular algumas hipóteses referentes à aplicação de diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio para a cultura do trigo na região de Lavras/MG: existe uma variabilidade na resposta da cultura do trigo irrigado em função do manejo da irrigação e de doses de nitrogênio utilizadas; existe um nível ótimo de lâmina de irrigação e dose de nitrogênio, no qual haverá um maior rendimento econômico que pode não corresponder à máxima lâmina de irrigação e à máxima dose de adubação nitrogenada; a qualidade dos grãos de trigo depende da interação das diversas lâminas de irrigação e doses de nitrogênio aplicadas; as diversas cultivares respondem de forma diferenciada ao manejo da água de irrigação e doses de nitrogênio aplicadas, em relação à qualidade industrial do trigo.

2.3.4. Estratégia ótima de irrigação

O principal objetivo de uma atividade agrícola deve ser uma produção eficiente e rentável. Para isso, os recursos disponíveis devem ser utilizados racionalmente no processo de produção, de forma a se obterem os mais altos níveis de produtividade econômica.

Na atividade de irrigação, a água é o recurso natural sobre o qual se tem maior interesse em exercer controle, para alterar seu padrão de disponibilidade espacial e temporal, adequando-o à demanda agrícola (Frizzone, 1993).

Nos estudos econômicos relativos ao planejamento da irrigação, são indispensáveis as funções de resposta (Yaron, 1971; Palácios, 1981 e Vaux Júnior e Pruitt, 1983).

A função de resposta ou de produção das culturas é uma relação física entre as quantidades de certo conjunto de insumos e as quantidades físicas máximas que podem ser obtidas do produto, para dada tecnologia conhecida.

De acordo com Hoffman et al. (1987), a função de produção é representada pelo produto físico total (PFT). Dois conceitos são extraídos desta relação: o produto físico marginal (PFMa), que é o aumento no PFT decorrente do emprego de uma unidade adicional do fator variável e o produto físico médio (PFMe) que representa o quociente do produto físico total pelo número de unidades do fator variável, ou seja, é a produção média por unidade do fator variável. A elasticidade de produção (e) é outro indicador econômico de interesse e mostra a variação percentual na produção decorrente da variação de 1% na quantidade empregada do fator variável. Esse tipo de relação pode ser classificado em fator produto e fator-fator, sendo que no primeiro caso, considerado apenas um fator variável.

A função de produção pode ser dividida em três estágios quanto ao uso do fator variável. No primeiro estágio (Estágio I), o produto físico marginal

(PFMa) é maior que o PFMe, sendo ambos positivos. Neste estágio os fatores fixos estão em proporções muito alta em relação ao fator variável, sendo por isso antieconômico ou irracional produzir nesse estágio. A elasticidade de produção é maior que um no primeiro estágio. No segundo estágio (Estágio II) o PFMa é menor que o PFMe, sendo também ambos positivos. Neste estágio o PFMe é decrescente e a elasticidade de produção é maior do que zero e menor do que um ($0 < e < 1$). Esse estágio termina no ponto em que o PFT é máximo e, conseqüentemente, o PFMa e a elasticidade de produção são iguais a zero. É o chamado estágio racional de produção. No terceiro estágio (Estágio III), o PFMa é negativo e, portanto, a elasticidade de produção também é negativa. Nesse estágio tem-se uma proporção demasiadamente elevada do fator variável em relação aos fatores fixos e a produção nesse estágio também é considerada antieconômica ou irracional.

A definição de um intervalo de irrigação, com base em uma função de produção conhecida, permite a utilização racional da irrigação com deficiência hídrica, ou seja, com o uso de menores lâminas de água aplicada (English, 1990). Porém, segundo Calheiros et al. (1996), vale lembrar que numa economia instável, os preços nominais sofrem amplas oscilações, influenciando na definição da estratégia ótima de irrigação, necessitando sua correção com base na variação do valor da moeda.

Outro aspecto que deve ser analisado, no caso da irrigação é se sua utilização será economicamente viável para uma dada região, considerando a época de cultivo, a limitação de recurso hídrico, entre outros.

No processo de tomada de decisão sobre o manejo da irrigação, é importante considerar o custo da água. Quando a água se torna fator limitante à produção, a água economizada, irrigando-se com lâminas menores, pode ser utilizada para irrigar uma quantidade adicional de terra, possibilitando um aumento no lucro o que corresponde ao custo de oportunidade da água (Bosh,

Eidman e Ogsthuisen , 1987; English, 1990). Sendo esse um recurso escasso e caro (em termos de outros recursos que devem ser sacrificados para aumentar a sua disponibilidade), é justificável fazer investimento no seu uso. Os técnicos denominam esse custo da água de custo de oportunidade, o qual nem sempre é expresso em termos de valor monetário (preço) e sim em espécie (produtividade).

Desde que a receita bruta é igual à produção da cultura multiplicada por uma constante (o preço do produto), a relação entre o uso da água de irrigação e a receita bruta tem a mesma forma geral de curva produção água-produto, ou seja, uma função curvelínea (Frizzone, 1993).

Queiróz et al. (1996), citam um conceito no qual a quantidade de água a ser utilizada na irrigação pode ser selecionada no ponto da região econômica de produção onde o valor da produtividade física marginal da água é igual ao seu preço.

English (1990), considerando apenas dois níveis de preços do trigo (US\$ 0,0996/ha e US\$ 0,1470/ha), encontrou faixas de maior produtividade da irrigação com déficit entre 35 e 56% da irrigação completa.

Queiróz et al. (1996), trabalhando com feijão irrigado, verificaram que: o nível de 90kg/ha de N proporcionou a maior renda líquida por unidade de área (US\$ 510,40/ha), apresentando um intervalo de manejo racional de água de 400 a 600mm. Níveis de 60 a 120kg de N apresentaram intervalos de manejo racional da água entre 449 a 567mm e entre 452 a 552mm, respectivamente. Estes autores verificaram ainda que uma relação de $P_w/P_i < 1$ (preço da água/preço do feijão) é um indicativo da viabilidade econômica da irrigação. Quanto menor for essa relação, menor deverá ser o déficit no manejo de irrigação. Dependendo da situação, mesmo a aplicação da lâmina ótima pode não justificar o investimento com a irrigação.



Calheiros et al. (1996) verificaram que a irrigação com déficit em situações em que a água é fator limitante é uma estratégia importante no planejamento da irrigação, representando grande economia de água e de capital e proporcionando produção e renda líquida economicamente satisfatórias. Estes autores verificaram que o manejo da irrigação com aplicação da lâmina ótima, para o intervalo de variação de preços considerado, resultou numa maior economia de água de 0,5 a 42% da lâmina máxima, dependendo da dose de N utilizada. A variação do preço do produto influenciou na definição de estratégias ótimas de irrigação, sendo que à medida que o preço diminuiu, o manejo da irrigação com aplicação de lâminas próximas da ótima resultou em maior economia de água.



3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido no período de maio a setembro de 1997, no Campo Experimental do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras / UFLA. A cidade de Lavras está localizada no Estado de Minas Gerais; a 21°14'06'' de latitude sul e 45° 00'00'' de longitude oeste, a uma altitude média de 918m (IBGE, 1959), apresentando clima do tipo C_{wa}, de acordo com a classificação de Koppen (1970), caracterizado por duas estações definidas: uma de seca, de abril a setembro e a outra chuvosa, de outubro a março. As médias de temperatura, precipitação e umidade relativa do ar são 19,4°C, 1.529,7mm, 76,2%, respectivamente (BRASIL, 1992).

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo vermelho - escuro, analisado quanto às características físicas e químicas de acordo com os resultados apresentados nas Tabelas 1 e 2, respectivamente. Na Figura 1 tem-se a curva característica de retenção de água do solo para as camadas de 0-20cm e 20-40cm de profundidade, segundo modelo de Van Genuchten descrito por Libardi (1995).

3.2 Instalação, condução e tratamentos culturais

Após preparo adequado do solo a semeadura do trigo foi feita em linha, realizada na última semana de maio de 1997, com espaçamento de 0,18m entre linhas, profundidade de 5cm e densidade de 300 sementes aptas por metro quadrado.

A adubação de plantio com P e K foi realizada conforme a análise de solo e de acordo com a recomendação de Raij (1996) para a cultura do trigo na condição de solo estudada.

TABELA 1 : Resultados da análise física do solo da área experimental, classificado como um latossolo vermelho escuro (LE). UFLA, Lavras/MG, 1997.

Camada	Análise textural			Dg	Dr	PMP	CC
(cm)	(%)			g/cm ₃	g/cm ₃	(% peso)	
	Areia	Limo	Argila				
0- 20	27	29	44	1,04	2,78	20,50	31.01
20-40	23	25	52	1,00	2,70	21,50	32.79

Dg= densidade global, Dr= densidade real, PMP= Ponto de murcha permanente, CC=capacidade de campo.

TABELA 2 : Resultados da análise química do solo da área experimental, classificado como um latossolo vermelho escuro (LE). UFLA, Lavras/MG, 1997.⁽¹⁾

Características	Camada (cm)		
	0-20	20-40	40-60
pH em água	6,2 AcF	5,1 AcM	4,8 AcE
P (mg/dm ³)	11 M	5 B	1 B
K (mg/dm ³)	22 B	20 B	19 B
Ca (cmolc/dm ³)	4,6 A	2,0 M	1,3 B
Mg (cmolc/dm ³)	0,1 B	0,6 M	0,6 M
Al (cmolc/dm ³)	0,0 B	0,4 M	0,6 M
H+Al (cmolc/dm ³)	3,2 M	6,3 A	6,3 A
Na (cmolc/dm ³)	0,0 B	0,0 B	1,0 B
S-sulfato (mg/dm ³)	22 A	65,9 A	84,2 A
S (cmolc/dm ³)	4,8 M	2,7 M	2,0 B
t (cmolc/dm ³)	4,8 M	3,1 M	2,6 M
T (cmolc/dm ³)	8,0 M	9,0 M	8,3 M
m (%)	0 B	13 B	23 M
V (%)	60 M	30 B	24 MB
M.O. (dag/kg)	2,1 M	2,1 M	1,9 M

⁽¹⁾ Análises realizadas nos laboratórios do Departamento de Ciências do Solo da UFLA. AcE=acidez elevada, AcM= acidez média, AcF= acidez fraca, MB=muito baixo teor B= baixo teor, M= médio teor, A= alto teor (Comissão..., 1989). S= soma de bases, t= C.T.C. efetiva, T= C. T. C. a pH 7,0, m= saturação por alumínio, V= saturação por bases, M.O.= matéria orgânica (Tomé Jr., 1997).

Camada (cm)	Equação (van Genuchten)	R ²
0-20	$\theta = 0,21 + \frac{0,65 - 0,21}{\left[1 + 0,2609 \psi_m ^{1,9742}\right]^{0,4935}}$	0,937
20-40	$\theta = 0,21 + \frac{0,64 - 0,21}{\left[1 + 0,2273 \psi_m ^{2,1824}\right]^{0,5418}}$	0,968

$\theta = \text{cm}^3/\text{cm}^3$; $\psi_m = \text{kPa}$

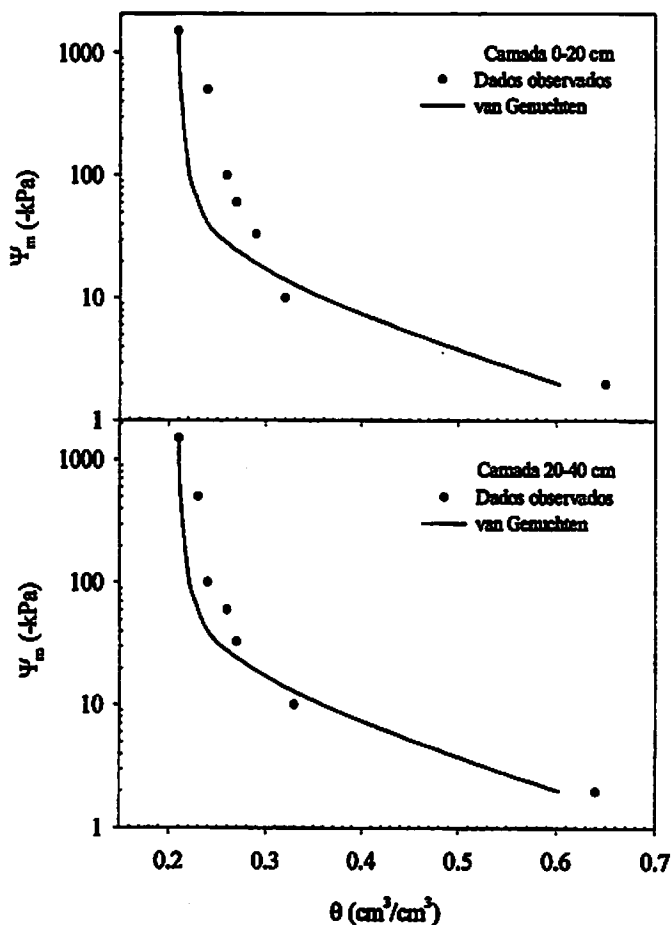


FIGURA 1. Curva característica de umidade do solo da área experimental, classificado como um Latossolo vermelho escuro (LE), nas camadas de 0-20cm e 20-40cm. UFLA, Lavras/MG, 1997.

Utilizaram-se 90kg/ha de P_2O_5 (superfosfato simples) por ocasião do plantio; 90kg/ha de K_2O (cloreto de potássio) parcelado em duas vezes sendo uma no plantio (45kg) e outra com a primeira cobertura (45kg). Foram utilizadas ainda 3 kg/ha de zinco (sulfato de zinco); 1 kg/ha de boro (ácido bórico) e para elevar-se o magnésio a 1meq/100cc aplicou-se 525kg/ha de sulfato de magnésio, incorporados na camada de 0-10cm antes do plantio. A adubação nitrogenada foi feita segundo os tratamentos especificados.

Os tratos culturais e fitossanitários foram realizados de acordo com as exigências da cultura, constando da aplicação de Nitrozin para controle de formiga e uma aplicação do fungicida Tilt (Propiconazole) na dosagem de 0,5l/ha para controle preventivo de helmintosporiose no estágio de espigamento das plantas de trigo.

3.3 Sistema de Aplicação de Água

A aplicação de água foi realizada por um sistema de aspersão convencional em que foram montadas duas linhas laterais espaçadas de 12 metros entre si de maneira que cada tratamento de lâmina de água foi irrigado por 8 aspersores.

O volume de água aplicado foi controlado por meio de registros instalados no início de cada parcela, com base na vazão do aspersor e tempo de funcionamento, permitindo o corte no fornecimento de água quando necessário. No início de cada linha lateral foi instalado um manômetro para controlar a pressão ao longo das linhas de irrigação. Foram realizados testes para verificar a uniformidade de distribuição de água no sistema, um antes da implantação da cultura (CUC = 84%) e os demais em cada irrigação efetuada durante o ciclo da cultura. Para tal verificação, foi colocado na área de cada parcela um pluviômetro (recipientes de 1 litro), no qual foi coletada e medida a quantidade de água aplicada em cada irrigação.

3.4 Controle da irrigação

Os valores referentes a ECA para cada irrigação, as lâminas de aplicação correspondentes calculadas com base na lâmina média coletada na irrigação anterior, e as lâminas totais aplicadas em cada tratamento são apresentadas na Tabela 3.

Uma única lâmina de água foi aplicada em todo o experimento durante os primeiros 25 dias após emergência das plantas, quando então foram aplicados os diferentes tratamentos. O turno de rega, após esse período, variou em função do cálculo da evapotranspiração máxima da cultura, igualada à evaporação do tanque Classe A respeitando-se as diferentes profundidades do sistema radicular,

TABELA 3. Datas de irrigações, Evaporação Acumulada do Tanque Classe A, (ECA), irrigação anterior aos tratamentos (IA), lâminas de aplicação após implantação dos diferentes tratamentos de irrigação (LI) e lâmina total (LT). UFLA, Lavras/MG, 1997.

DATA	ECA (mm)	L0	L30 (mm)	L60	L90
26/Jun	20,12	-	6,04	12,07	18,11
01/Jul	17,18	-	5,15	10,31	15,46
10/Jul	32,08	-	9,62	19,24	28,85
18/Jul	28,12	-	8,44	16,87	25,31
27/Jul	30,78	-	9,23	18,47	27,70
04/Ago	31,24	-	9,37	18,74	28,12
12/Ago	30,46	-	9,14	18,28	27,41
18/Ago	30,10	-	9,03	18,06	27,09
23/Ago	26,62	-	7,99	15,97	23,96
28/Ago	27,88	-	8,36	16,73	25,09
02/Set	29,84	-	8,95	17,90	26,86
06/Set	28,58	-	8,57	17,15	25,72
10/Set	27,60	-	0,00	16,56	24,86
15/Set	30,88	-	0,00	0,00	27,70
LI	391,46	0,0	99,89	216,35	352,30
IA (**)		27,00	27,00	27,00	27,00
LT		92,52	192,41	308,87	444,82
Precipitação total = 65,52mm					

o que resultou em uma ECA de 20mm nos primeiros 30 dias e de 30mm após esse período. Considerou-se para definição dos tratamentos de evaporação do tanque Classe A (ECA), como indicador do momento de irrigar, a água disponível à tensão de 60kPa e o coeficiente do tanque e das culturas estabelecidos na literatura (Doorenbos, 1994).

As lâminas de aplicação de água foram determinadas de acordo com a evaporação acumulada de um tanque Classe A, localizado na área experimental.

de? Um pluviômetro também localizado na área forneceu os dados de precipitação no decorrer do ciclo da cultura. Os demais dados climáticos foram fornecidos pela Estação Agrometeorológica Principal situada no Campus da Universidade Federal de Lavras / UFLA e estão apresentados na Figura 1A dos anexos.

A umidade do solo foi determinada ^{com?} antes e após cada irrigação, na camada média de 15cm nos primeiros trinta dias e na camada média de 30cm no período restante e transformada em valores de tensão. As amostragens de umidade foram feitas sempre duas horas após o término da irrigação de cada tratamento.

A suspensão dos tratamentos de irrigação ocorreu aos 93 dias após semeadura para L30, aos 97 para L60 e aos 102 dias para L90 e a colheita aos 110 dias para L0 e L30, aos 116 dias para L60 e aos 119 dias para L90. Para suspensão dos tratamentos de irrigação foi utilizado como critério, o estágio de grãos massa dura (fase de maturação fisiológica).

3.5 Tratamentos e Delineamento Experimental

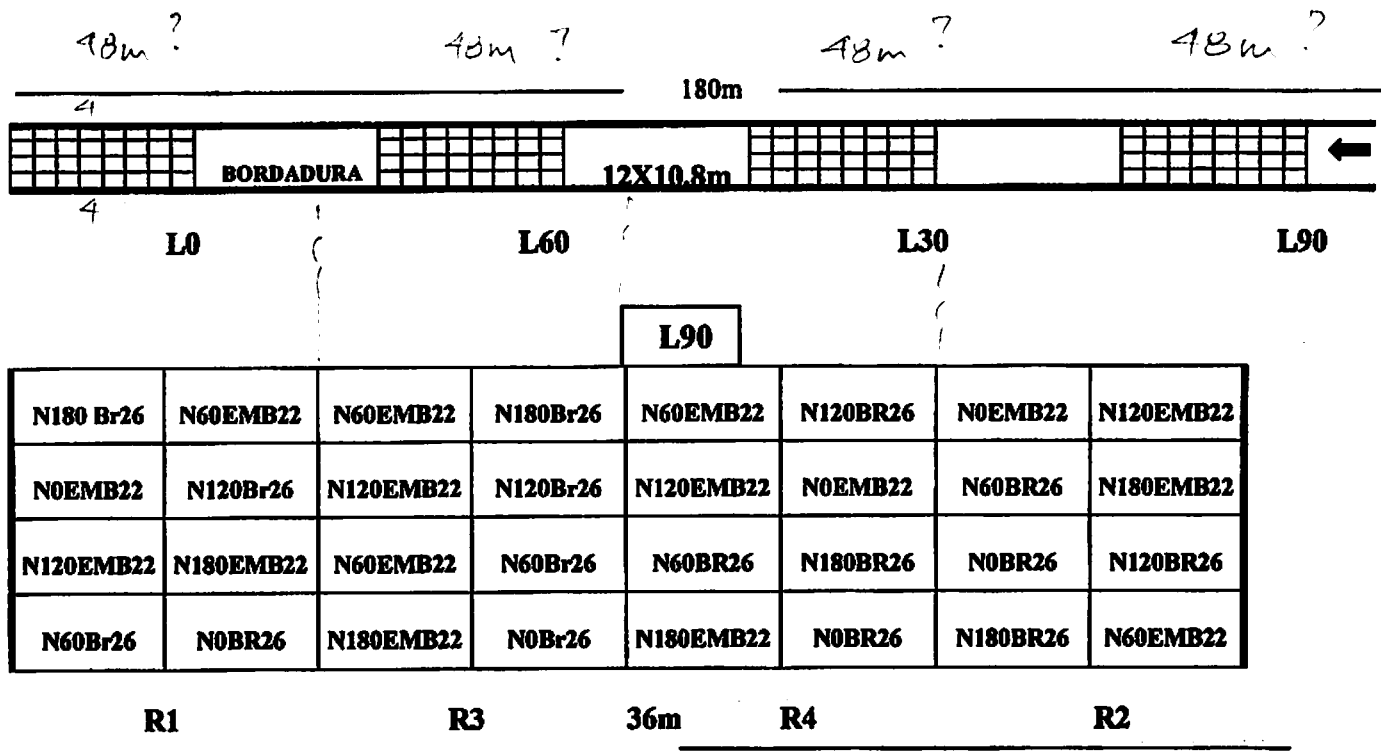
Os tratamentos constaram de quatro lâminas de água (Li), quatro doses de nitrogênio (Ni) e duas cultivares (Ci).

As lâminas de água foram aplicadas com base na porcentagem de evaporação acumulada do tanque Classe A (ECA), sendo as seguintes: L0=sem irrigação, L30= 30% da ECA, L60= 60% da ECA, L90= 90% da ECA. As

doses de nitrogênio foram: N0= sem nitrogênio, N60= 60kg/ha (20+20+20kg), N120=120kg/ha (30+45+45kg) e N180=180kg/ha (40+70+70kg). As aplicações foram parceladas em três vezes sendo a primeira no plantio, a segunda 30 dias após a primeira e a terceira 25 dias após a segunda. Como fonte de nitrogênio foi utilizado o sulfato de amônio (20% de N), mais indicada para a cultura do trigo, considerando-se que não haveria influência do enxofre presente nessa fonte. Os solos da região apresentam naturalmente altos teores desse nutriente, como verificado pela análise de solo, (Tabela 2). O pequeno espaçamento entre linhas utilizado para a cultura do trigo não permite a incorporação do N ao solo na aplicação em cobertura. Tal fato pode constituir-se num problema de queima das plantas ainda tenras quando se utiliza altas doses desse nutriente.

Foram utilizadas duas cultivares de trigo: 'EMBRAPA 22' mais apropriada para cultivo irrigado e 'BR 26' para cultivo irrigado e de sequeiro, recomendadas para o Estado de Minas Gerais, segundo EMBRAPA (1996).

O experimento foi conduzido com base no esquema experimental apresentado na Figura 2, na qual se pode observar a casualização dos tratamentos, tendo como exemplo a lâmina de 90% da ECA. Para as demais lâminas procedeu-se de modo semelhante. Em cada tratamento de lâmina de irrigação foi feita a casualização dos demais tratamentos de doses de nitrogênio e cultivares, de acordo com o esquema fatorial 4x2, utilizando-se o delineamento de blocos casualizados com quatro repetições. Note que, não foi possível o uso de repetições dos tratamentos lâminas de irrigação, visto que com a utilização do sistema de aspersão convencional, torna-se difícil em termos práticos o uso casualizado de parcelas com diferentes lâminas de irrigação. Quando isso é possível, o custo de implantação torna-se oneroso. Por outro lado deve haver um espaçamento mínimo entre as parcelas de forma que não ocorra interferência de um tratamento de irrigação sobre o outro. Para que não houvesse interferência entre tratamentos, foram deixados 12 metros de bordadura, entre eles.



Área da parcela: $4,5\text{m} \times 2,70\text{m} = 12,15\text{m}^2$

Área útil da parcela: $4,5\text{m} \times 1,8\text{m} = 7,2\text{m}^2$

FIGURA 2 : Esquema experimental e demonstração da casualização dos tratamentos (L90). UFLA, Lavras/MG, 1997.

4 Aspersores $\times 12\text{m} = 48\text{m}$
36 X

Assim, a análise dos dados foi feita baseando-se em um modelo linear desenvolvido para esta situação específica, conforme descrito no item 3.7.

Cada unidade experimental com 15 linhas de plantio apresentou uma área de $12,15\text{m}^2$, com 4,5m de comprimento e 2,7m de largura. A área útil com 10 linhas de plantio foi de $7,2\text{m}^2$, apresentando 4m de comprimento e 1,8m de largura. Desse modo o experimento apresentou uma área útil total de $961,6\text{m}^2$.

3.6 Características Avaliadas

3.6.1. Características da planta

- Altura de plantas (AP) – considerou-se a altura média das plantas nas cinco linhas centrais de cada parcela, desde o solo até o ápice das espigas, após as mesmas terem atingido a altura máxima, aproximadamente 30 dias após o espigamento, conforme recomendação de Benincasa (1988) e Scheeren (1984) para a cultura do trigo.

3.6.2 Produtividade de grãos (Prod.)

Foi determinada a produção de grãos em gramas na área útil de $7,2\text{m}^2$, posteriormente corrigida para a umidade de 13% e transformada em kg/ha .

3.6.3 Componentes de produção

- Número médio de grãos por espiga (NE) – obtida por amostragem em 10 plantas representativas de cada parcela por ocasião da colheita.

3.6.4 Características da qualidade industrial do grão e da farinha

Essas análises foram realizadas nos laboratórios da EMBRAPA Agroindústria de Alimentos do Rio de Janeiro/RJ, conforme metodologias descritas por Germani, Benassi e Carvalho (1997). Foram analisadas amostras dos tratamentos L30, L60 e L90, uma vez que o total produzido nas parcelas do tratamento L0 não foi suficiente para proceder as análises de qualidade.

A – Testes físico-químicos

- Peso de mil grãos (PMG), (Germani, Benassi e Carvalho, 1997).
- Peso do hectolitro (PH), (Germani, Benassi e Carvalho, 1997).
- Dureza de grãos (DZ) (Kosmolak, 1978).
- Teor de proteínas do grão (PG) e da farinha (PF) – expresso em base seca . (método 920.87 da AOCC, 1997).
- Teor de cinzas do grão (CG) e da farinha (CF) - expresso em base seca (método 923.03 da AOAC, 1997).
- Moagem experimental - extração de farinha (EX), (Germani et al. 1997).
- Número de queda ou “Falling Number” (FN), (método 56-81B da AACC, 1995).
- Sedimentação (SED), (Pena e Amaya Celis, 1985).
- Glúten úmido (GU), Glúten seco (GS) e Índice de glúten (IG), (método 38-12 da AACC, 1995).

B – Testes reológicos

- Alveografia - Pressão máxima de ruptura (P), Extensibilidade (L), relação P/L , Força geral do glúten (W) considerando valores originais obtidos, (método 54-30A da AACC, 1995).
- Farinografia - Absorção de água (ABS), Tempo de desenvolvimento da massa (TDM), Índice de tolerância à mistura (ITM), Estabilidade (EST), (método 54-21 da AACC, 1995).

C- Escore de panificação (EP)

Análise realizada no pão considerando-se a cor da crosta, tipo de pestana, formato, cor e aparência do miolo, além do volume específico do mesmo (volume/peso), (Germani, 1997).

3.7 Análise dos dados

Os efeitos de lâminas e doses de nitrogênio quando significativos foram estudados mediante funções de produção e superfície de resposta segundo Myers (1971) e, as comparações entre cultivares foram analisadas pelo Teste F. Para análise dos dados foi utilizado o software Sanest, segundo Zonta e Machado (1991).

O modelo linear adaptado para a análise dos dados foi:

$$y_{ijkl} = \mu + l_i + b_{j(i)} + n_k + c_l + ln_{ik} + lc_{il} + nc_{kl} + lnc_{ilk} + e_{ijkl}$$

em que:

y_{ijkl} = valor observado na j -ésima repetição da i -ésima lâmina, na k -ésima dose de nitrogênio e na l -ésima cultivar;

μ : constante inerente a todos os dados; l_i : efeito da i -ésima lâmina; $b_{j(i)}$: efeito da repetição j na lâmina i , considerado como erro experimental associado ao efeito de lâmina; n_k : efeito da k -ésima dose de nitrogênio; c_l : efeito da l -ésima cultivar; ln_{ik} : efeito da interação lâmina x doses de nitrogênio; lc_{il} : efeito da interação lâmina x cultivar; nc_{kl} : efeito da interação doses de nitrogênio x cultivar; lnc_{ilk} : efeito da interação lâmina x doses de nitrogênio x cultivar; e_{ijkl} : erro associado à observação y_{ijkl} , considerados independentes e normalmente distribuídos com média zero e variância constante.

As funções de produção foram obtidas mediante a regressão entre as variáveis dependentes e independentes, priorizando aquelas que tinham o fator lâmina de irrigação (% da ECA) como variável independente dentro de cada dose de nitrogênio para cada cultivar estudada, quando a interação entre lâmina de irrigação, doses de nitrogênio e cultivares foi significativa. Caso contrário, considerou-se apenas o efeito das lâminas de irrigação na estimativa dessas funções.

A escolha do modelo polinomial para cada característica avaliada foi feita de acordo com a significância do teste F da análise de variância, de acordo com o coeficiente de determinação (R^2) e a não significância dos desvios de regressão.

3.7. 1 Superfície de resposta

A superfície de resposta foi ajustada para a produtividade ($\hat{Y}$) de cada cultivar, tendo os fatores lâminas de irrigação ($L = \% \text{ da ECA}$) e doses de nitrogênio ($N = \text{kg/ha}$) como variáveis independentes, ou seja:

$$\hat{Y} = f(L, N), \quad (1)$$

sendo sua representação polinomial :

$$\hat{Y} = b_0 + b_1L + b_2N + b_{11}L^2 + b_{22}N^2 + b_{12}LN. \quad (2)$$

Essa representação foi apresentada e discutida por Box (1954) e Haxem e Heady (1978).

3.7.2 Lâmina de água econômica ótima

O estudo da lâmina de irrigação economicamente ótima para a produtividade do trigo foi desenvolvido apenas dentro das doses de nitrogênio em que a resposta das lâminas de irrigação foi representada por um modelo polinomial de segundo grau, ou seja, uma função quadrática do tipo:

$$\hat{Y} = \hat{a} + \hat{b}L + \hat{c}(L)^2 \quad (3)$$

e que,

$\hat{Y}$ = estimativa da produtividade de grãos;

L = lâ min a total de água aplicada, após início dos tratamentos (mm);

$\hat{a}, \hat{b}$ e $\hat{c}$ = parâmetros da equação.

Peri, Hart e Norun (1979) introduziram o conceito de lâmina ótima econômica, no caso da irrigação, por meio do qual a lâmina a ser aplicada deveria ser determinada em função da receita líquida obtida com uma dada irrigação. Neste estudo, o lucro é expresso pela função:

$$\pi(L) = P_y \cdot Y - P_L \cdot L - C, \quad (4)$$

e que, $\pi(L)$ = Margem de lucro (R\$/ha);

P_y = preço do produto (R\$/kg de grãos);

P_L = preço do fator água (R\$/mm de água.ha);

Y = produção (kg/ha);

L = lâmina total de água aplicada (mm)

C = custo dos fatores fixos no experimento, em R\$ (não considerado na equação de lucro nos tratamentos neste estudo).

O preço do produto, P_y , representa o preço da venda do trigo por unidade de produção. O preço da água, P_L , representa o custo do volume unitário de água, acrescido do custo de energia utilizada no bombeamento, da depreciação do sistema de irrigação e dos custos de operação e manutenção desse sistema.

Uma vez que L é expresso em milímetro (mm), para proceder esse estudo econômico as equações de regressão foram recalculadas utilizando-se a lâmina total de água aplicada após início dos tratamentos, em milímetros, correspondentes a cada tratamento de % da ECA. Com base nessas equações foram obtidos os produtos físicos marginais (PFMa) da água.

Conforme definido, o produto físico marginal de um fator (PFMa) representa o acréscimo na produção resultante do uso de uma unidade a mais desse fator, permanecendo constante outros fatores. Graficamente, o PFMa representa a declividade do produto total ou da função de produção em um determinado nível do fator variável e é indicador de eficiência econômica do experimento.

A eficiência econômica é considerada através da igualdade do produto físico marginal (PFMa) da função de resposta com a relação de preços do fator variável e do produto (P_L/P_Y), (Reis 1999). Isso, significa que se o preço do fator aumenta, permanecendo constante o preço do produto, há uma redução na dose econômica desse fator e, se o preço diminui, ocorre um aumento na dosagem econômica do fator (Carvalho, 1992).

O produto físico marginal (PFMa) é obtido derivando-se a função representativa do produto físico total (PFT) em relação ao fator variável, representada pela equação 5, ou seja:

$$\frac{dY}{dL} = b + 2\alpha \frac{P_L}{P_Y} \quad (5)$$

Uma vez que no ponto de máximo de uma função, a sua derivada é igual a zero, quando o produto físico total (PFT) for máximo o PFMa é igual a zero. Nesse ponto, a elasticidade de produção também é igual a zero. Essa elasticidade é a relação entre o PFMa e o PFMe, sendo este a produtividade média do fator variável.

A variação na relação de preços entre fator e produto foi obtida mediante uma pesquisa de preços (fornecidos por pesquisadores da ESALQ/USP), considerando que nas condições atuais o milímetro da água tem custo variável de R\$ 0,30 a R\$ 0,70 para cada hectare, utilizando-se um sistema de irrigação por aspersão convencional e o trigo no período de janeiro/fevereiro de 2000 foi comercializado ao preço de R\$ 12,30/saca de 60kg, ou, R\$ 0,21 o quilo.

$$1 \text{ mm} = 0,30 \text{ a } 0,70$$

$$R\$ 12,30 / 60 \text{ Kg}$$

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados serão discutidos principalmente levando-se em consideração o efeito das diferentes lâminas de irrigação e suas interações com a aplicação de nitrogênio e as cultivares utilizadas. Isso é, foi dada maior ênfase às respostas obtidas em função das lâminas de irrigação.

Os resumos da análise de variância para as características estudadas estão apresentados nas Tabelas 4, 5, 6, 7, 8 e 9.

4.1 Irrigação efetuada

O valor de tensão (60kPa) utilizado para definição dos tratamentos das lâminas de irrigação, baseou-se em referências para a cultura do trigo citadas por vários pesquisadores (Azevedo, 1988; Guerra, Silva e Azevedo 1992; Silva et al., 1993; Guerra, Silva e Azevedo 1994). Em EPAMIG (1999) são citados valores de 60kPa para irrigar lavouras com potencial produtivo em torno de 5000kg/ha e de 40kPa quando a expectativa de rendimento for superior a 6000kg/ha.

As determinações da umidade do solo, antes e após cada irrigação, permitiu por meio do modelo de Van Genuchten, descrito por Libardi (1995), uma estimativa dos valores de tensão correspondentes à aplicação das diferentes lâminas ao longo do período de irrigação (Figura 3).

Em L0 (sem irrigação), esse comportamento não pode ser acompanhado durante todo o período, uma vez que valores de umidade residual inferiores ao adotado pelo modelo foram verificados após a implantação dos tratamentos, ou seja, excederam o valor de 1500kPa. As plantas não apresentaram desenvolvimento normal nesse tratamento.

Em L30, da fase de final de alongamento até o início do espigamento, a tensão manteve-se na faixa de 50kPa após as irrigações, porém do espigamento

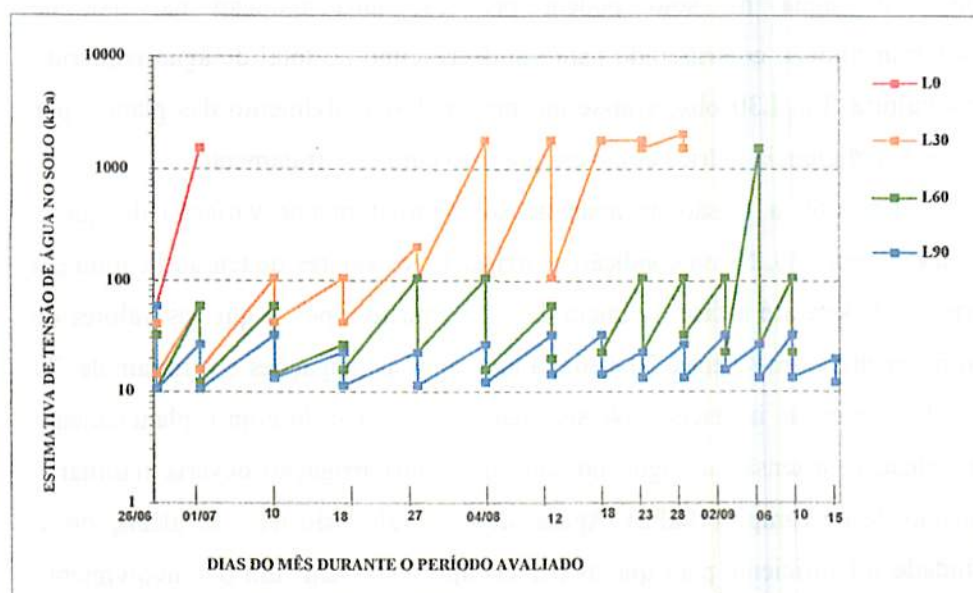


FIGURA 3. Comportamento da água no solo (tensão) ajustado segundo modelo de Van Genuchten, descrito por Libardi (1995) após implantação dos tratamentos de irrigação. UFLA, Lavras/MG, 1997.

até a fase de enchimento de grãos esses valores alcançaram um patamar de 100kPa.

A partir dessa fase até a maturação fisiológica, a tensão da água no solo aumentou gradualmente até atingir valores acima de 1000kPa. Essa variação indicou a ocorrência de um déficit hídrico cumulativo no solo. Por outro lado o consumo de água pela cultura também aumentou. Segundo Doorenbos (1994) na fase reprodutiva os valores de K_c do trigo, que relacionam a avapotranspiração máxima (E_{tm}) com a evapotranspiração potencial (E_{to}), chegam ao seu valor máximo. Déficits nessa fase até a maturação fisiológica, resultam em enchimento incompleto de grãos, rendimento reduzido com a presença de grãos enrugados e de qualidade inferior. Segundo Guerra (1995), valores mais altos de

tensão de água no solo podem provocar uma redução na taxa de evapotranspiração contribuindo para um decréscimo no total de água requerido pela cultura. Em L30 observou-se um menor desenvolvimento das plantas por causa da deficiência hídrica como era previsto para esse tratamento.

Em L60 a tensão de água no solo sofreu menor variação do que a observada em L30. Nessa condição de irrigação, os valores de tensão ficaram em torno de 15kPa até a fase de início de espigamento, após o que, os valores de tensão mantiveram-se entre 20 e 30kPa logo após as irrigações e variaram de 70 a 100kPa entre as irrigações. Nesse tratamento, de acordo com o planejamento da irrigação, a tensão de água no solo após cada irrigação deveria retornar à capacidade de campo (10kPa). Apesar de esse valor não ter sido alcançado, a umidade foi suficiente para que as plantas apresentassem um desenvolvimento normal durante todo o ciclo, não tendo sido verificados sintomas de deficiência hídrica.

Em L90, a tensão de água no solo variou menos do que em L30 e L60.

Considerando-se o cálculo para definição dos tratamentos, L90 representa uma aplicação de água acima das necessidades da cultura. Esperava-se assim que após as irrigações os valores de tensão se situassem abaixo de 10kPa (capacidade de campo). Ao contrário verificou-se que nessas condições a tensão manteve-se praticamente na capacidade de campo. Quanto à tensão entre irrigações, essa se manteve próxima a 30kPa praticamente durante todo o período de irrigação.

É importante ressaltar que em L90 quando se aplicaram doses de nitrogênio acima de 120kg/ha foi observado acamamento praticamente total das plantas na fase de enchimento de grãos. Entretanto, esse fato, como será visto no próximo item, não parece ter provocado redução de produtividade.

Por ocasião das irrigações observou-se umidade excessiva e mesmo encharcamento em algumas parcelas de L90, porém não foi observado

escorrimento superficial, demonstrando que a máxima intensidade de aplicação de água pelo sistema foi igual ou inferior à razão de infiltração de água no solo.

As diferentes lâminas de irrigação aplicadas afetaram a duração do ciclo total da cultura, bem como a ocorrência das diferentes fases fenológicas. A tendência foi de um aumento na duração do ciclo com o aumento da lâmina de água aplicada. Resultados obtidos por Eckert, Chaudhry e Quereshi (1978) comprovaram essa tendência de aumento na duração do ciclo da cultura do trigo em presença de lâminas mais altas de irrigação e doses mais altas de nitrogênio quando comparado à aplicação de menores lâminas de irrigação.

Em L0 e L30 praticamente não se verificou diferença na duração do ciclo. As plantas de L30 apresentaram melhor padrão de desenvolvimento mesmo com a deficiência hídrica. A ocorrência das diferentes fases fenológicas foi mais precoce em menores lâminas de irrigação.

Considerou-se como critério para suspensão da irrigação o estágio de maturação fisiológica que tem sido adotado e recomendado por vários pesquisadores. De acordo com Guerra e Antonini (1996), nessas condições podem-se obter maiores produtividades, máximo peso do hectolitro e menores taxas de aplicação de água, reduzindo os custos da lavoura.

Dessa forma, para L30 a irrigação foi suspensa aos 99 dias, para L60 aos 104 e para L90 aos 109 dias após a semeadura e a colheita ocorreu aos 110 dias para L0 e L30, aos 116 dias para L60 e aos 119 dias após a semeadura para L90. Portanto, o aumento na aplicação de água prolongou o ciclo da cultura, adiando o período da colheita. Esse fato já foi relatado por outros pesquisadores, embora Sheeren, Carvalho e Federezzi (1995), tenham verificado coincidência e até mesmo precocidade em plantas de trigo submetidas a tratamentos de excesso de água em relação àquelas que não sofreram este tipo de estresse.

4.2 Produtividade (Prod.)

Houve efeito das lâminas de irrigação, doses de nitrogênio, cultivares, bem como de todas as interações entre esses fatores sobre a produtividade do trigo (Tabela 4). De acordo com Shimishi e Kafkafi (1978), Singh e Kumar (1981) e Frizzone (1987) a interação entre irrigação e adubação nitrogenada normalmente é positiva. Efeitos desse tipo de interação para a cultura do trigo foram observados por Mélio Junior (1992). Entretanto, Brito (1988) estudando o efeito de diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio não observou interação entre esses fatores sobre a produtividade do trigo.

TABELA 4 Resumo da análise de variância para as características de produtividade (Prod), altura de plantas (AP), número de grãos/espiga (NE), peso do hectolitro (PH) e peso de 1000 grãos (PMG). UFPA, Lavras/MG, 1997.

FV	GL	Produtividade	Alt.planta	NE	PH	PMG
Quadrado médio						
Lâmina (L)	3	131556799,53**	9224,96**	4506,09**	54,20**	1570,89**
Rep/L	12	1408019,38	28,06	5,43	0,56	2,60
Nit (N)	3	11367596,55**	406,12**	716,78**	6,80**	7,91ns
Cult (C)	1	646896,56*	368,56**	0,28ns	1,96*	0,02ns
LxN	9	1369302,03**	56,83ns	31,54**	2,43**	2,50ns
LxC	3	1124339,63**	55,71ns	138,51**	1,82*	9,87*
NxC	3	1580847,41**	37,61ns	60,86**	1,25	10,13*
LxNxN	9	659474,91**	19,61ns	69,62**	1,71**	3,72ns
Resíduo	84	123346,79	30,69	9,44	0,48	3,37
CV(%)		10,96	7,22	9,13	0,82	4,389

ns = não significativo (teste F), * significativo a 5% de probabilidade, ** significativo a 1% de probabilidade, respectivamente.

Pelo estudo de regressão considerando-se o efeito de lâmina de irrigação em cada dose de nitrogênio para a cultivar EMBRAPA 22 (Figura 4a) tem-se um evidente acréscimo de produtividade com o aumento da água aplicada em todas as doses de nitrogênio, embora em N60 e N120 esse aumento tenha sido menos acentuado nas lâminas mais altas caracterizando uma resposta quadrática. Estudando as duas equações, de N60 e N120, pode-se dizer ainda que as produtividades máximas poderiam ser obtidas com aplicações de água de 124 e 96% da ECA, respectivamente, valores esses que se encontram fora dos intervalos estudados. Analisando as equações N0 e N180, espera-se um acréscimo médio de 37,3 e 54,5kg/ha, respectivamente, na produtividade do trigo para cada incremento de uma unidade na ECA.

Já para a cultivar BR 26 (Figura 4b) o aumento de produtividade com o aumento da água aplicada em N0, N60 e N120 foi linear atingindo o máximo em L90. Em N180 o comportamento da produtividade apresentou uma resposta quadrática com o aumento da lâmina de irrigação, sendo que a produtividade máxima foi atingida em L89,5, lâmina próxima mas inferior à máxima utilizada.

Nesse estudo, de acordo com o planejamento dos tratamentos de irrigação, L90 deveria corresponder a uma lâmina acima da ideal para a cultura do trigo, podendo causar decréscimos de produtividade por causa principalmente, a problemas de acamamento. Entretanto, apesar da detecção de acamamento praticamente total de plantas nas parcelas de L90 e doses de nitrogênio acima de 120kg/ha, a produtividade nesses tratamentos ainda assim foi superior .

Alguns fatores podem ter conduzido a esses resultados, quais sejam: a ocorrência do acamamento deu-se já na fase final de enchimento dos grãos e as temperaturas mais altas e a falta de chuvas podem ter propiciado maturação mais rápida dos grãos. Nessas condições o ambiente foi impróprio para o desenvolvimento de doenças o que fatalmente causaria queda de produção.

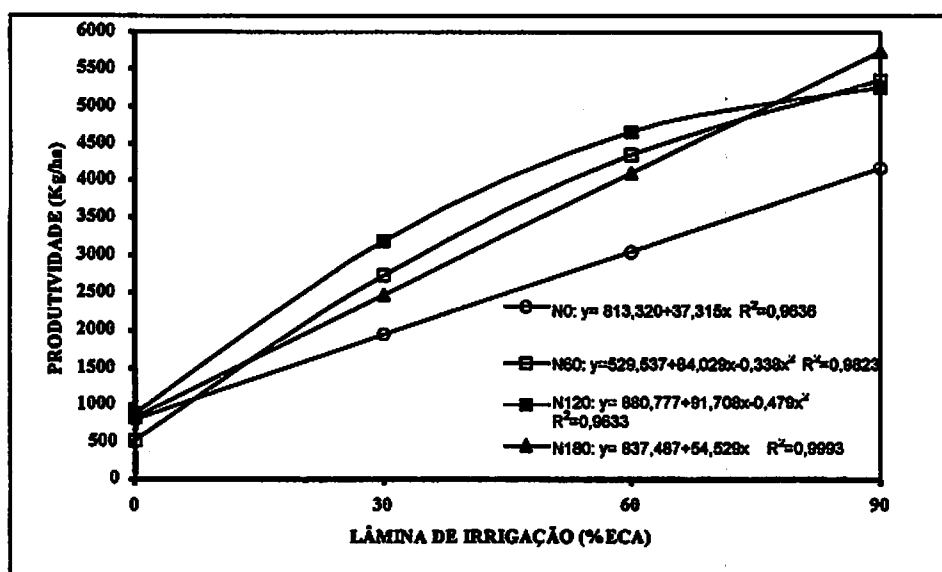
Nestas parcelas ocorreu maior perfilhamento e conseqüentemente um maior número de espigas férteis. A colheita manual permitiu um maior aproveitamento de grãos, o que provavelmente não seria possível numa condição de colheita mecanizada.

Por outro lado, estudos físico-hídricos realizados anteriormente nesse solo, demonstraram que apesar de argiloso, nas camadas abaixo de 30cm ocorre uma rápida drenagem da água (Lemos et al., 1996). Pode-se considerar ainda que, os valores de tensão foram obtidos por meio do uso da curva característica de umidade e estimados segundo modelo de Van Genuchten cujo ajuste não é de 100%. O uso de tensiômetros provavelmente forneceria valores mais precisos de tensão de água no solo.

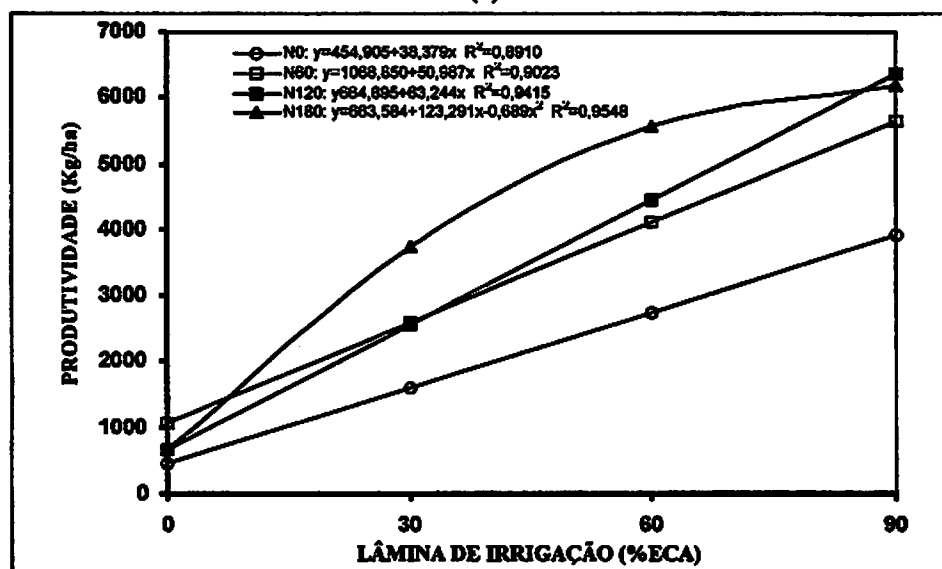
Em L90, em que foram obtidas as produtividades mais altas, a lâmina de irrigação aplicada foi igual a 352,30mm após início dos tratamentos. Produtividades maiores que 2000kg/ha foram obtidas já em L30 (LI= 99,89mm) e L60 (LI= 216,35mm), respectivamente, para as duas cultivares estudadas nos tratamentos com aplicações de nitrogênio acima de 60Kg/ha.

De forma geral o aumento da lâmina de irrigação proporcionou maiores índices de produtividade em todas as doses de nitrogênio estudadas, porém na ausência de nitrogênio os níveis de produtividade foram menores.

Situações de deficiência hídrica de acordo com Sutt e Dubbelde (1980), Souza e Tubelis (1982) e Brunini, Alfonsi e Camargo (1983) reduzem a taxa de evapotranspiração afetando importantes processos fisiológicos, especialmente em fases críticas de desenvolvimento da planta (perfilhamento e floração) causando queda de produtividade. Por outro lado senescência precoce na ausência de nitrogênio, reduz a área foliar das plantas e, conseqüentemente sua capacidade fotossintética (Khalifa, 1973). Sharma et al. (1992) na Índia, obtiveram maior produtividade de trigo, irrigando à 120% da ECA, em doses de nitrogênio de 60, 120 e 180kg/ha.



(a)



(b)

FIGURA 4. Representação gráfica e equações de regressão da produtividade (kg/ha) em função das lâminas de irrigação para as cultivares de trigo 'EMBRAPA 22' (a) e 'BR 26' (b) em diferentes doses de nitrogênio. UFLA, Lavras/MG. 1997.

Frizzzone et al. (1996) verificaram aumento na produtividade do trigo em lâminas crescentes de irrigação até um máximo de 274mm. A combinação ideal para obtenção da maior produtividade (5466,5kg/ha) foi de 274mm de água e dose de 80kg/ha de nitrogênio, que não diferiu de forma significativa da média de 5075kg/ha aplicando-se nitrogênio na dose de 160kg/ha. Já, neste estudo a produtividade máxima de 6569,05kg/ha foi obtida com o uso da cultivar BR 26, 120kg/ha de nitrogênio (N120) e lâmina de irrigação de 352,30mm (L90). Isso produziu uma eficiência de água aplicada de 18,65 kg de trigo por milímetro de água aplicada e 54,7kg de trigo por kg de nitrogênio aplicado. Guerra e Antonini (1996) encontraram produções de 7,7kg de trigo por milímetro de água aplicada quando a lâmina total de irrigação foi de 887mm em 22 irrigações.

Produtividades acima de 5000kg/ha foram obtidas, para ambas as cultivares em L90, com doses de nitrogênio a partir de 60kg/ha, produtividades essas consideradas satisfatórias para a região. O aumento de produtividade (acima de 4000kg/ha) de trigo em condições satisfatórias de irrigação e aplicação de doses de nitrogênio variando entre 100 e 150kg/ha são relatadas por vários pesquisadores em outros países (Latwal et al., 1992, Thakur e Gupta, 1992; Gajri, Prihar e Arora, 1993; Koshta, Tiwari e Kurchania, 1993; Dawood e Kheiralla, 1994; Abo-Shetaia e Abd-El-Gawad, 1995; Koszanski, Karczmacyk e Podsiadlo, 1995a; Maciyewski et al., 1995; Singh, Singh e Dey, 1996).

Quando não se aplicou nitrogênio(N0) as produtividades foram inferiores em todas as lâminas de irrigação estudadas, indicando o efeito interativo desse nutriente com a água. Sharma, Kar e Jalota (1993) relataram que em altas doses de nitrogênio ocorre uma maior penetração das raízes no solo. Os autores encontraram maior densidade de raízes (0-20cm) utilizando doses de nitrogênio de 180kg/ha e lâmina de irrigação 120%.

De uma maneira geral, as médias de produtividade obtidas para tratamentos com irrigação para as condições da região podem ser consideradas

satisfatórias, uma vez que se aproxima dos valores obtidos em outras regiões de Minas Gerais, nas quais o trigo é cultivado de forma mais intensiva.

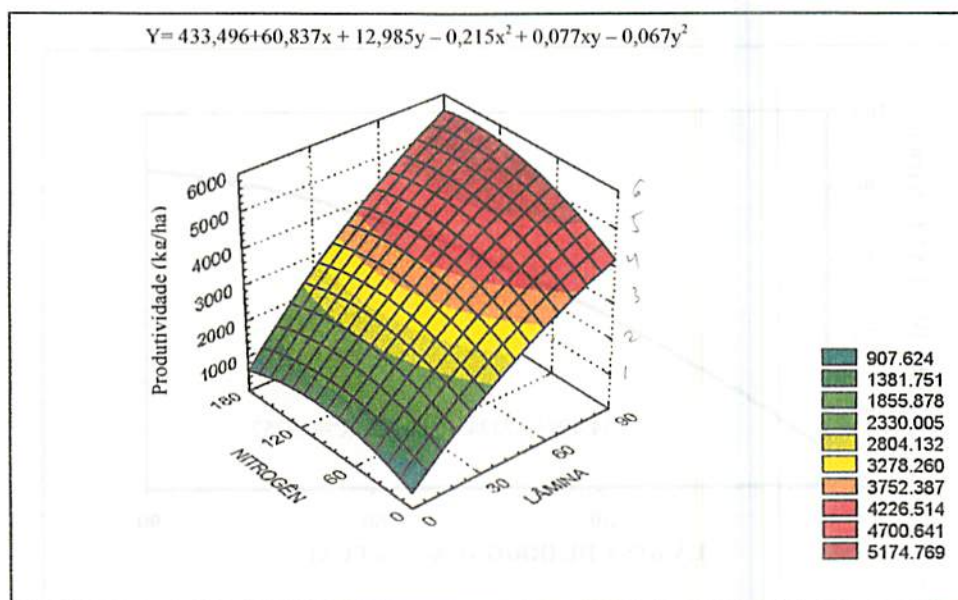
A aplicação da superfície de resposta por meio de um modelo polinomial quadrático relacionou as lâminas de irrigação e doses de nitrogênio (variáveis independentes) com a produção (variável dependente) para as duas cultivares e estão representadas nas Figuras 5a e 5b. Observando-se as superfícies de resposta, nota-se que para ambas as cultivares, o fator água limitou mais a produtividade do que o nitrogênio, embora a combinação dos dois fatores em doses mais altas tenha proporcionado as maiores produtividades. Os aumentos registrados foram mais acentuados para as lâminas de irrigação dentro de cada dose de nitrogênio do que o inverso. Esse fato pode ser visualizado através dos coeficientes da equação de superfície. Nota-se que a variável x (lâmina) apresentou influência mais marcante do que a variável y (doses de nitrogênio), visto que as estimativas dos efeitos lineares 60,837 (EMBRAPA 22) e 61,842 (BR 26) da variável lâmina são diferentes de 12,985 (EMBRAPA 22) e 11,602 (BR 26) da variável doses de nitrogênio. Apesar disto, diferentes formas de substituição de um fator pelo outro podem concorrer para níveis compensadores de produtividade. Porém qualquer forma de manejo deve considerar uma análise em termos de qualidade de produto e também o aspecto econômico.

Eckert, Chaudhry e Quereschi (1978), no Paquistão, adotaram a superfície de resposta para avaliar a aplicação de água, nitrogênio e fósforo na cultura do trigo. Os autores verificaram um decréscimo de produtividade em altas doses de nitrogênio e altas lâminas de irrigação. Eles atribuíram esse fato à ocorrência de acamamento e aumento do ciclo da cultura, predispondo esses tratamentos a um maior ataque de doenças. A produtividade máxima obtida foi ao redor de 4500kg/ha. Na Índia, Roy e Pradhan (1994), encontraram maior retorno econômico combinando três irrigações e dose de 80kg/ha de nitrogênio.

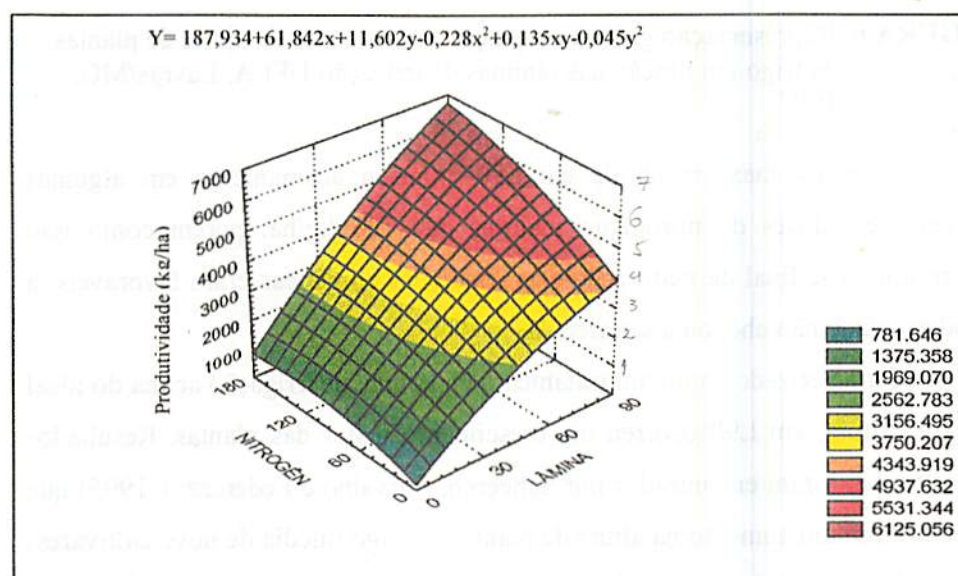
Mello Júnior (1992) por meio da aplicação da superfície de resposta em trigo irrigado verificou que a máxima produtividade foi obtida com lâmina de irrigação de 270mm e dose de nitrogênio de 227kg/ha. Já neste estudo verificaram produtividades superiores utilizando menores lâminas de irrigação e doses de nitrogênio inferiores a 180kg/ha. Mello Júnior (1992) observou resposta quadrática tanto para o efeito de irrigação quanto de nitrogênio, implicando em um ponto de máxima produtividade nas lâminas e doses intermediárias, enquanto neste trabalho foram verificado aumentos crescentes de produtividade em função de incrementos na quantidade de água aplicada até o máximo em L90. Segundo o autor o sistema de aplicação de água "line source", por causa da alta taxa de aplicação nas áreas próximas a linha de aspersores, pode ocasionar eventuais acúmulos de água possibilitando a ocorrência de escoamento superficial. Esse fato pode concorrer para menores produtividades nas parcelas próximas ao aspersor, o que não ocorreu no presente trabalho, uma vez que foram utilizadas duas linhas de irrigação havendo assim uma compensação deste efeito.

4.3 Altura das plantas (AP)

A altura das plantas foi afetada pela lâmina de irrigação, nitrogênio e cultivar, mas não pela interação entre esses fatores (Tabela 4). Apesar de a altura de plantas possuir caráter também genético, as condições ambientais e de manejo da cultura podem afetar essa característica. Porém, mesmo nos tratamentos com altas lâminas de irrigação e altas doses de nitrogênio a altura média não excedeu 100cm, caracterizando o porte baixo das cultivares. A altura das plantas das cultivares 'EMBRAPA 22' (78,3cm) e 'BR 26' (74,9cm) foram diferentes ($p \leq 0,05$), característica que também variou com as diferentes lâminas de irrigação, como constatado pela curva de regressão apresentada na Figura 6.



(a)



(b)

FIGURA 5. Representação gráfica da superfície de resposta da produtividade (kg/ha) em função de lâminas de irrigação (%ECA) e doses de nitrogênio (kg/ha) para as cultivares de trigo 'EMBRAPA 22' (a) e 'BR 26' (b). UFLA, Lavras/MG, 1997.

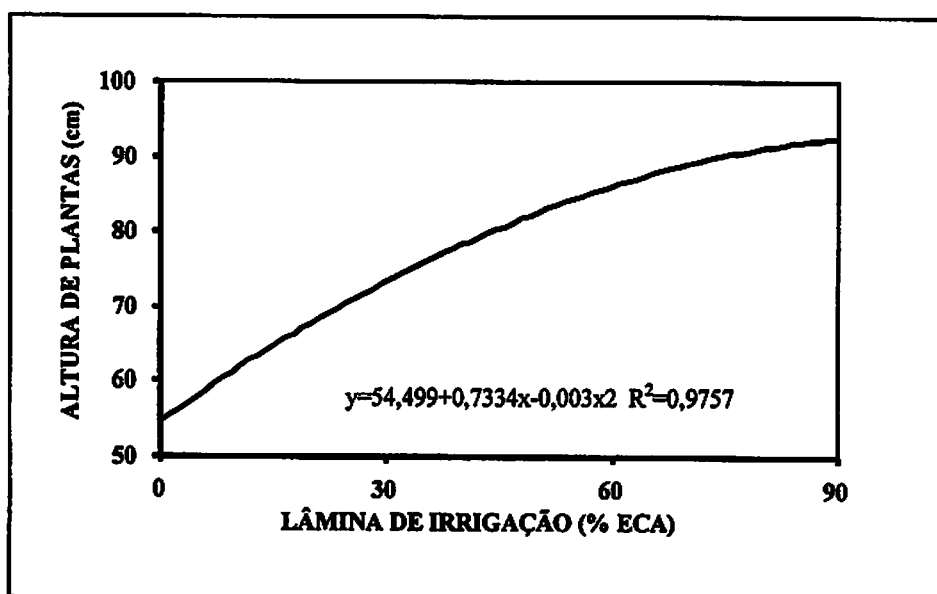


FIGURA 6. Representação gráfica e equação de regressão da altura de plantas de trigo em função das lâminas de irrigação. UFLA, Lavras/MG, 1997.

A altura máxima obtida em L90 causou acamamento em algumas parcelas em doses de nitrogênio maiores que 120 kg/ha, porém como isso ocorreu na fase final de maturação e as condições climáticas eram favoráveis, a produtividade não chegou a ser afetada.

Caracterizado como um tratamento de lâmina de irrigação acima do ideal para a cultura, em L90 ocorreu um crescimento maior das plantas. Resultados semelhantes foram encontrados por Scheeren, Carvalho e Federezzi (1995) que encontraram um aumento na altura de plantas de trigo (média de nove cultivares) com aplicação de água além da necessidade da cultura. As maiores alturas de plantas relacionaram-se positivamente com aumentos de produtividade. Maiores valores de altura de plantas também foram encontrados por Guerra, Silva e Azevedo (1994) em condições de maior disponibilidade de água no solo (37 e

54kPa) em comparação a tensões mais altas (67, 125 e 536kPa). Como verificado por Day e Intalap (1970), independente de outros fatores, o aumento da lâmina de irrigação pode proporcionar maior porte de cultivares de trigo, principalmente quando a irrigação é feita durante todo o período de desenvolvimento da cultura, o que foi comprovado neste estudo.

Klar, Denadai e Cataneo (1990) constataram aumento na altura de plantas de nove cultivares de trigo com o aumento da lâmina de irrigação aplicada. Essa mesma resposta foi obtida por Abo Shetaia e El Gawad (1995a), no Egito.

4.4 Número de grãos/espiga (NE)

Houve um efeito significativo ($p \leq 0,01$) da interação entre os três fatores estudados, (Tabela 4) sugerindo um comportamento diferenciado no número de grãos/espiga, quando é relacionado em função das lâminas de irrigação, estudadas em cada combinação de doses de nitrogênio e cultivar.

O estudo de regressão para o efeito das lâminas de irrigação revelou que para a cultivar EMBRAPA 22 (Figura 7a) houve aumento no número de grãos/espiga de L0 até L60 em todas as doses de nitrogênio. Acima de L60, esse aumento foi pouco acentuado em N60, N120, enquanto em N0 e N180 sofreu um pequeno decréscimo. O número máximo de grãos/espiga poderia ser obtido em N0 com a aplicação de 69,5% da ECA e em N180 com L86,1 correspondendo a 32 e 50 grãos/espiga, respectivamente. Já, em N60 e N120 os valores máximos de grãos/espiga foram verificados fora do intervalo de irrigação estudados.

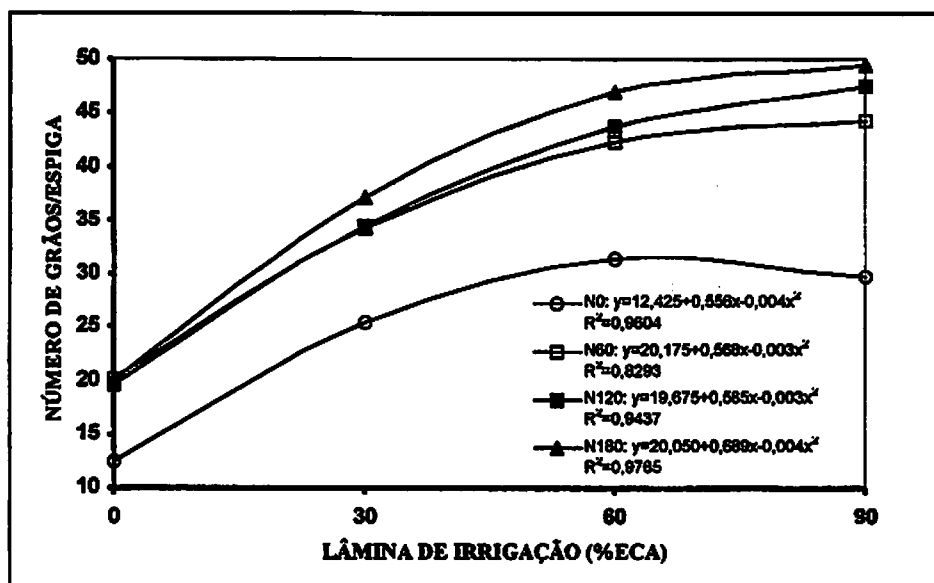
Em relação à cultivar BR 26 (Figura 7b) observa-se comportamento semelhante ao da cultivar EMBRAPA 22 em N60, N120 e N180 porém, acima de L60, não houve mais aumento no número de grãos/espiga ocorrendo, ao invés disso, um decréscimo em N60 e N120 e N180. Já em N0 houve um aumento no

número de grãos/espiga à medida que se aumentou a lâmina de irrigação, sendo que este aumento foi mais acentuado de L60 para L90, ao contrário do que ocorreu para o mesmo tratamento na outra cultivar estudada. O número máximo de grãos/espiga para a 'BR 26' seria obtido em L65,6; L77, 5 e L69, 87 para N60, N120 e N180, respectivamente.

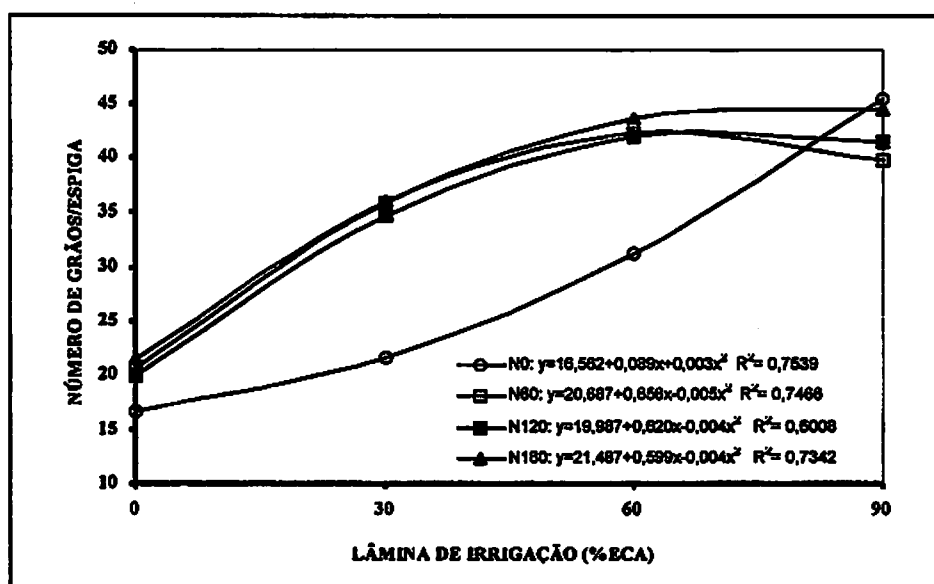
Comparando-se esses resultados com os apresentados em alguns trabalhos, observa-se que o aumento da disponibilidade de água no solo, proporciona um aumento no número de grãos/ espiga, mas que esse aumento é mais significativo até uma determinada condição de umidade, estabilizando-se ou decrescendo a partir daí. Mohamedali (1990), no Sudão, observou decréscimo no número de grãos/espiga quando irrigou trigo em intervalos maiores de irrigação. Guerra, Silva e Azevedo (1994), por exemplo, não observaram aumento significativo no número de grãos/espiga em tensões menores variando de 37 a 67kPa. Porém, comparando-se essas tensões a valores maiores de 125 e 536kPa, esses aumentos foram significativamente maiores.

Isso significa que maior disponibilidade de água no solo pode aumentar o número de grãos/espiga. Déficit de água pode reduzir o número de espiguetas por espiga, o número de flores por espiguetas e induzir a esterilidade do estame, causando sucessiva inviabilidade do grão de pólen (Saini e Aspinall, 1981; e Morgan citado por Gusta e Chen, 1987). O déficit de água no solo pode também dificultar a assimilação de boro, favorecendo o chochamento de grãos (Méllo Junior, 1992). As afirmações acima podem explicar os menores números de grãos/espiga obtidos neste trabalho, em L0 e L30 para todas as doses de nitrogênio e cultivares estudadas.

Altas doses de nitrogênio e água resultam em quase 50 grãos/espiga para a cultivar EMBRAPA 22 e acima de 40 grãos/espiga para a 'BR 26', o que pode ser considerado satisfatório. Frizzzone et al. (1996) trabalhando com doses crescentes de nitrogênio e lâminas de irrigação verificaram número máximo de



(a)



(b)

FIGURA 7. Representação gráfica e equações de regressão do número de grãos/espiga em função das lâminas de irrigação em diferentes doses de nitrogênio para as cultivares 'EMBRAPA 22' (a) e 'BR 26' (b). UFLA, Lavras/MG, 1997.

grãos/espiga da ordem de 40,7 com uma aplicação de 157mm de água e doses de 160kg e 320kg/ha de nitrogênio. Valores máximos em torno de 50 grãos/espiga foram verificados neste trabalho, em doses mais elevadas de nitrogênio e em lâminas de irrigação próximas a L86,12 em N180 para a cultivar EMBRAPA 22.

4.5 Qualidade Industrial : Testes físico – químicos

4.5.1 Peso do hectolitro (PH)

A interação dos três fatores estudados interferiu no PH do trigo (Tabela 4). Estudos realizados por Mélo Junior (1992) não detectaram efeito interativo de lâmina de irrigação e doses de nitrogênio no PH do trigo.

Os ajustes obtidos mediante a análise de regressão (Figuras 8a e 8b) mostram a ocorrência de um aumento do PH com o aumento da lâmina de irrigação para as duas cultivares estudadas. No caso da cultivar EMBRAPA 22 sem utilização de nitrogênio, ocorreu um aumento acentuado do PH com o aumento da aplicação de água até L89,2, alcançando um valor estimado de 86,1kg/hl nesta lâmina.

A cultivar BR 26 apresentou comportamento semelhante em N0 e em N60, atingindo valores máximos de PH em L61,9 e L60,7, respectivamente, com valores estimados nessas lâminas de 86,2 e 86,1kg/hl, respectivamente. Já para N120 e N180, espera-se um aumento médio de 0,060 e 0,0471kg no PH para cada incremento de 1% na ECA, respectivamente.

Para a cultivar EMBRAPA 22 em N60 o aumento do PH com o aumento da lâmina de irrigação foi máximo em L74 após o que tende à estabilização ou ligeiro decréscimo. Em N120 o máximo foi atingido em L75. Já, para a 'BR 26' esse aumento foi linear até L90. Em N180 para as duas cultivares o aumento do PH foi crescente com a aumento da lâmina de irrigação.

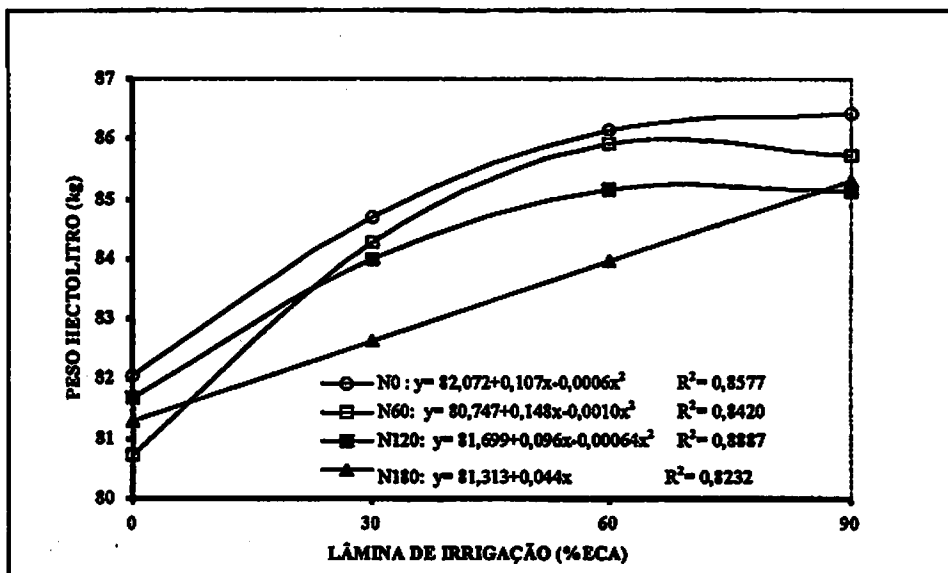
Os valores de PH, mesmo em menores lâminas de irrigação, situaram-se acima de 80kg/hl em todos as doses de nitrogênio para as duas cultivares. Esses resultados podem ser considerados satisfatórios, pois estão acima de 78kg/hl, que é o peso padrão de comercialização.

A venda da produção com valor inferior a 78kg/hl provocará uma redução no preço, decorrente da perda de qualidade do produto (Frizzone et al., 1996). Foram observados alguns valores de PH acima de 86kg/hl, especialmente em L90 em doses mais baixas de nitrogênio. Como observado pelo comportamento das curvas ajustadas do PH (Figuras 8a e 8b) esses valores em doses decrescentes de nitrogênio aumentou, atingindo pesos máximos da ordem de 86kg/hl sem a aplicação desse nutriente (N0). Resultados semelhantes foram obtidos também por Brito (1988) e Frizzone et al. (1996).

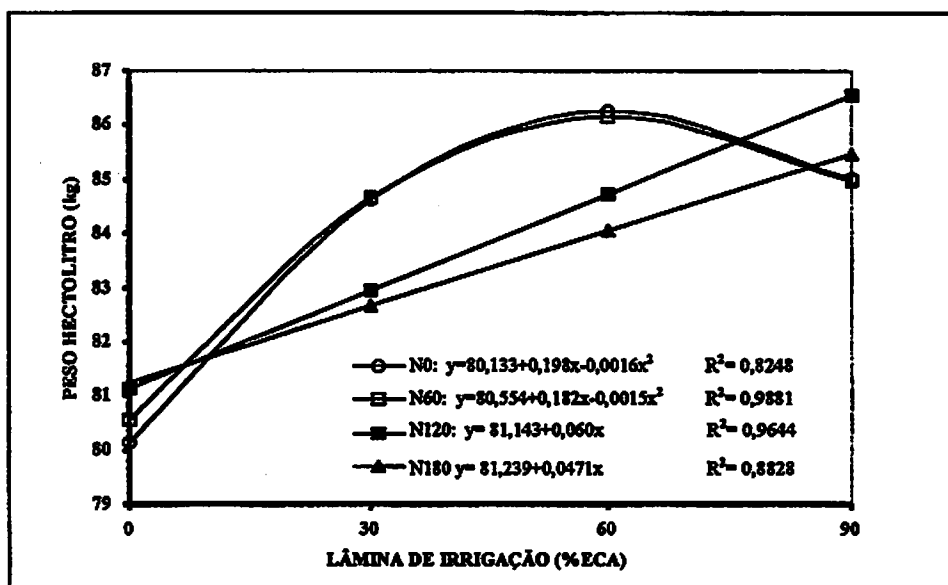
4.5.2 Peso de 1000 grãos (PMG)

O efeito de lâminas de irrigação foi significativo para o PMG, ocorrendo também interação significativa de lâminas e as cultivares (L x C). Apesar de não ter sido observado efeito de nitrogênio e de cultivar isoladamente, a interação entre esses dois fatores influenciou no PMG (Tabela 4).

As curvas de resposta (Figura 9) revelaram comportamento semelhante entre as cultivares em relação ao PMG, ou seja, houve uma tendência de incrementos, sob a forma quadrática, tanto para a cultivar EMBRAPA 22 quanto para a 'BR 26' com o aumento da lâmina de irrigação. Porém, esse aumento foi mais acentuado até L60, atingiu um valor máximo em L84,69 e, decresceu a partir daí para a 'BR 26', enquanto continuou crescente para a 'EMBRAPA 22'. Para essa cultivar, um maior PMG poderia ser obtido com lâminas acima de L90. Porém, sob o ponto de vista da irrigação, o uso de maiores lâminas poderá gerar um excesso de água que poderá ser prejudicial para a cultura. Sob o ponto de vista de qualidade, grãos de tamanho excessivo



(a)



(b)

FIGURA 8. Representação gráfica e equações de regressão para peso do hectolitro(kg) em função das lâminas de irrigação para as cultivares de trigo 'EMBRAPA 22' (a) e 'BR 26' (b) em diferentes doses de nitrogênio. UFLA, Lavras/MG,1997.

não são desejados na indústria, pois podem provocar problemas nos equipamentos de limpeza e de moagem (Guarienti, 1996).

No geral, lâminas de irrigação em torno de 90% da ECA proporcionaram maior PMG para as duas cultivares. Brito (1988) verificou efeitos semelhantes no PMG de trigo, com o aumento da lâmina de irrigação. Porém, lâminas de irrigação acima de 400mm foram utilizadas para obterem praticamente os mesmos valores de PMG obtidos neste trabalho em tratamentos utilizando lâminas de irrigação menores que 400mm. Guerra, Silva e Azevedo (1994) não verificaram diferença entre PMG de trigo irrigado em tensões de água no solo variando de 37 a 125kPa, demonstrando que o aumento na disponibilidade de água no solo não influenciou no desempenho dessa característica. Já, Klar, Denadai e Cataneo (1990), Buriro et al. (1990) e Mohamedali (1990) relatam decréscimo no PMG em condições de irrigações insuficientes.

Frizzzone et al. (1996) avaliaram o PMG de trigo em doses crescentes de nitrogênio e água e verificaram interação significativa desses fatores, o que não foi verificado neste trabalho. Porém, os autores alegam que o suprimento de nitrogênio pouco contribuiu para o aumento de PMG nas várias lâminas estudadas.

Segundo Germani (1997), grãos grandes e densos normalmente têm uma maior proporção de endosperma que os grãos pequenos e menos densos e por isso seria de se esperar que fornecessem maior rendimento de moagem. Esse comportamento pode ser comprovado neste trabalho uma vez que a mesma tendência de aumento no PMG com o aumento das lâminas de irrigação foi verificado na extração da farinha como poderá ser visto em 4.5.6.

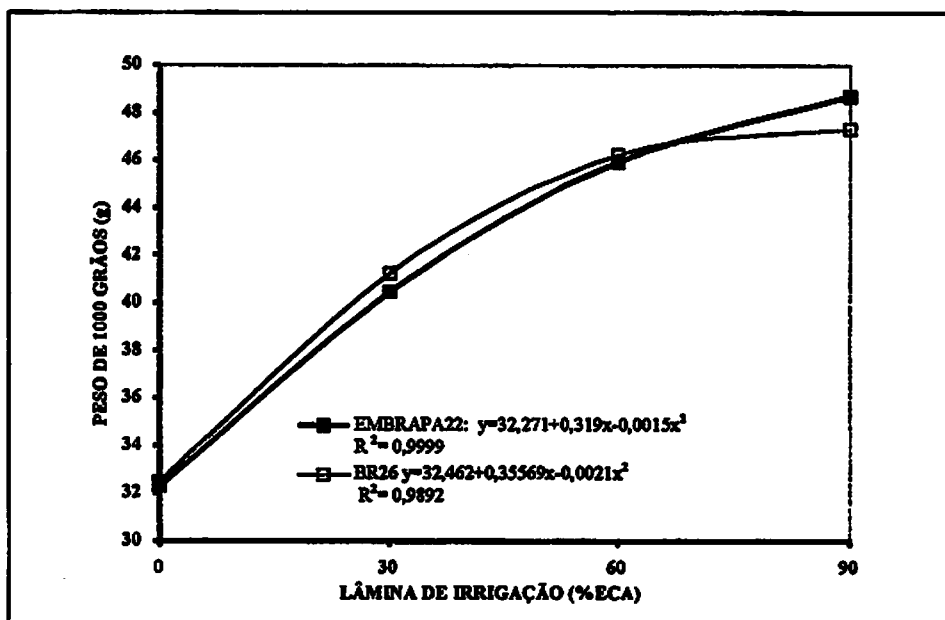


FIGURA 9. Representação gráfica e equações de regressão para peso de 1000 grãos (g) em função de lâminas de irrigação para duas cultivares de trigo. UFLA, Lavras/MG, 1997.

4.5.3 Dureza (DZ)

As diferentes lâminas de irrigação não afetaram a dureza dos grãos do trigo. Ocorreu um efeito significativo ($p \leq 0,05$) de cultivar e da interação nitrogênio x cultivar para a dureza dos grãos (Tabela 5). Essa interação justifica-se, pois segundo Guarienti (1996) o caráter genético aliado ao nível de nitrogênio no solo tem influência direta sobre a dureza dos grãos.

A cultivar BR 26 apresentou grãos levemente menos duros com tempo de moagem de 21,65s quando comparada à 'EMBRAPA 22' com tempo de moagem de 19,48s. Esses valores, entretanto, caracterizam ambas as cultivares de acordo com a classificação de Kosmolak (1978), como trigos duros (tempo de

TABELA 5. Resumo da análise de variância de dureza (DZ), cinza do grão(CG)e cinza da farinha (CF). UFLA, Lavras/MG, 1997.

FV	GL	DZ	CG		CF
			Quadrado	médio	
Lâmina (L)	3	5,906ns	0,3632*		0,0299ns
Rep/L	12	1,20	0,03		0,02
Nit (N)	3	0,708ns	0,1044*		0,0162**
Cult (C)	1	112,337**	0,1047ns		0,0036ns
LxN	9	0,614ns	0,0344ns		0,0021ns
LxC	3	1,010ns	0,0005ns		0,0057ns
NxC	3	5,944**	0,0728ns		0,0025ns
LxNxC	9	1,579ns	0,0329ns		0,0039ns
Resíduo	84	1,035	0,0281		0,0037
CV(%)		4,947	10,484		9,320

ns = não significativo, * e **significativo a 5% e 1%de probabilidade, respectivamente.

moagem <32s), indicado segundo Guarienti (1996) para a fabricação de pães e macarrão.

O estudo de regressão para lâminas de irrigação não apresentou significância. Guarienti (1996) afirmou que apesar de esta característica apresentar forte controle genético, o que pode ser constatado pela resposta diferenciada entre as cultivares estudadas, outros fatores podem afetar a dureza de grãos tais como: solo (níveis de nitrogênio), evidenciado pela interação significativa nitrogênio versus cultivar, e a capacidade de retenção de água do solo, não evidenciada neste trabalho.

4.5.4 Teor de cinzas no grão e na farinha - (CG e CF)

O uso de lâminas diferenciadas de irrigação afetou o CG, porém não afetou o CF. Entretanto esse teor, tanto do grão quanto da farinha, foi afetado

pelas diferentes doses de nitrogênio (Tabela 5), porém não foi diferente entre as cultivares ($p \leq 0,05$).

Os valores médios do teor de cinzas encontrados no grão, 1,57 e 1,63, situam-se na faixa prevista (1,4 a 2,2%), segundo Guarienti (1996). Os valores médios de cinza obtidos para a farinha classificam-na como farinha de trigo comum na qual os teores se situam abaixo de 0,85% Germani et al. (1997).

O comportamento de CG em função das lâminas de irrigação mediante a análise de regressão mostrou que houve efeito linear significativo ($R^2 = 0,89$) das lâminas de irrigação sobre o CG. Pode-se estimar que para cada incremento de 1% da ECA, correspondeu um aumento médio de 0,003% no teor de cinzas no grão (Figura 10).

Resultados de resposta do teor de cinza do grão de trigo em função da disponibilidade de água no solo durante condução da lavoura, são escassos, porém existe referência, como em El Defrawy, Kheiralla e Dawood (1994), de que o déficit hídrico reduziu o teor de cinzas de grãos de trigo em relação aos tratamentos com suprimento adequado de água no solo, como constatado neste trabalho.

De acordo com Germani et al. (1997) grãos pequenos e enrugados possuem proporcionalmente maior teor de cinza, uma vez que produzem mais farelo e a cinza no farelo é mais elevada. Grãos menores (segundo classificação de PMG) foram verificados em L0 e L30, portanto esse fato poderia ter provocado um aumento no teor de cinzas do grão nesses tratamentos, o que não foi verificado neste estudo. Possivelmente nesse caso, houve predominância na densidade do grão e não alteração no seu tamanho.

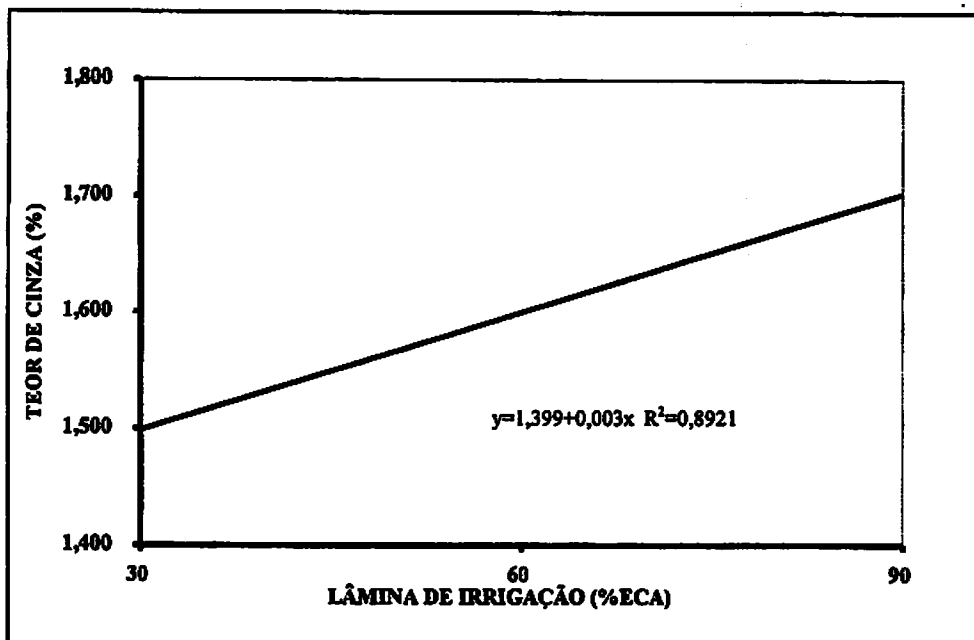


FIGURA 10. Representação gráfica e equação de regressão para teor de cinza do grão (%) em função de diferentes lâminas de irrigação. UFLA, Lavras/MG, 1997.

4.5.5 Proteína do grão e da farinha - (PG e PF)

A irrigação afetou o PG, não ocorrendo o mesmo em relação a PF. Porém, houve interação ($p \leq 0,05$) da irrigação tanto com o nitrogênio quanto com as cultivares para PG e PF (Tabela 6).

A análise de regressão indicou efeito significativo das lâminas de irrigação no PG apenas para a cultivar BR 26 (Figura 11a). Esse teor foi menor quanto maior a lâmina de irrigação, com um decréscimo médio de 0,03% para cada 1% da ECA que se aumenta nessa lâmina de irrigação. O ajuste de regressão do PG em função das lâminas de irrigação em diferentes doses de nitrogênio foi significativo somente em N120 e N180 (Figura 11b).

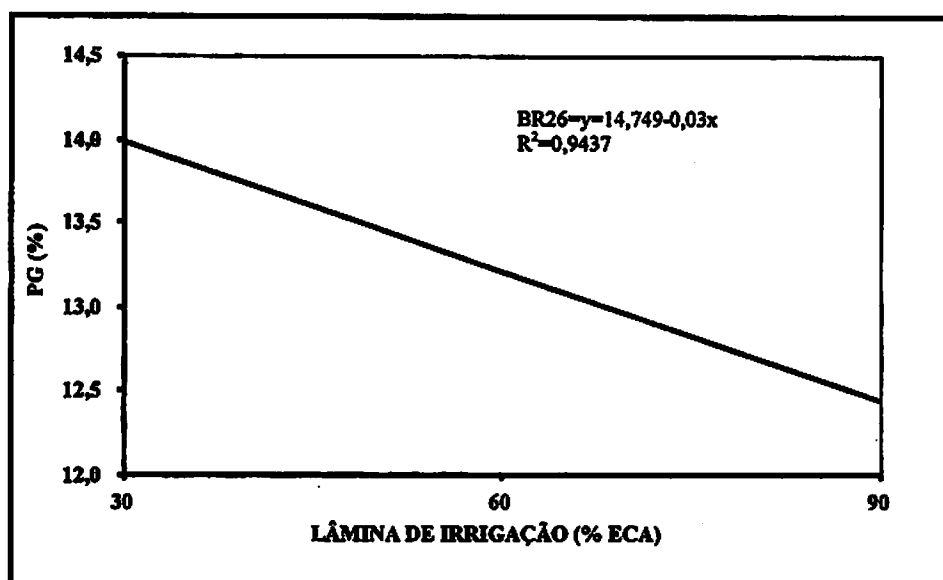
TABELA 6. Resumo da análise de variância proteína do grão (PG), proteína da farinha (PF), extração de farinha (EX), sedimentação (SED) e falling number (FN). UFLA, Lavras/MG, 1997.

FV	GL	PG	PF	EX	SED	FN
Quadrado médio						
Lâmina (L)	3	9,11*	5,64ns	26,68**	23,36ns	60072,97**
Rep/L	12	0,68	1,01	1,07	2,75	1277,13
Nit (N)	3	34,23**	36,79**	1,92ns	44,10**	7607,95**
Cult (C)	1	28,00**	30,28**	11,27**	513,74**	96203,34**
LxN	9	4,63**	4,72**	0,66ns	3,99ns	4580,60**
LxC	3	4,23**	4,39**	0,06ns	1,43ns	6647,47**
NxC	3	0,83ns	0,77ns	0,38ns	1,83ns	7030,04**
LxNxNxC	9	0,59ns	0,64ns	0,90ns	0,91ns	2881,95*
Resíduo	84	0,65	0,61	1,47	2,68	1152,06
CV(%)		5,84	5,872	1,61	11,36	8,90

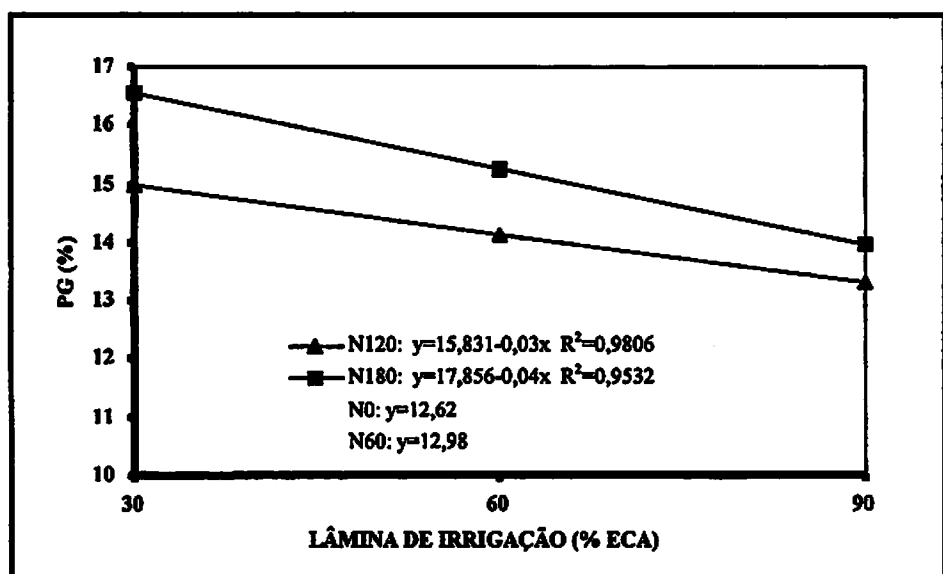
ns = não significativo (teste F), * e ** significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Observa-se que ocorreu um decréscimo linear no PG com o aumento da lâmina de irrigação em ambas as doses de nitrogênio utilizadas. Nota-se ainda que os maiores valores de PG para todas as lâminas de irrigação estudadas ocorreram em N180, o que se justifica uma vez que o teor de nitrogênio é determinante para maiores ou menores teores de proteína.

El Far Ia e Allam (1995), no Egito, verificaram aumento no PG de trigo sob condições de estresse hídrico quando comparado a condições de maior disponibilidade de água no solo. A falta de irrigação, especialmente em estádios tardios de desenvolvimento (do trigo aumentou o teor de proteína em trabalho



(a)



(b)

FIGURA 11. Representação gráfica e equações de regressão para o teor de proteína do grão (%) em função de lâminas de irrigação para duas cultivares de trigo (a) e diferentes doses de nitrogênio (b). UFLA, Lavras/MG, 1997.

conduzido por Abd El Gawad et al. (1993) na Índia. Redução no PG de trigo em condições de irrigação também foi verificado na Polônia por Maciejewski et al. (1995).

Diminuição no teor de proteína de grãos de cevada em solos com maior disponibilidade de umidade foram verificados, no Brasil por Filgueira, Guerra e Ramos (1996). Os autores encontraram uma resposta quadrática para esse estudo, enquanto neste trabalho o decréscimo no PG foi linear, porém, a tendência de redução é a mesma, em ambos os trabalhos. Maiores lâminas de irrigação podem aumentar a lixiviação de nitrogênio, tornando esse nutriente, diretamente relacionado ao teor de proteína, indisponível para a planta. Em contrapartida, em presença de maiores níveis de nitrogênio, ocorre um maior desenvolvimento das plantas, resultado de uma provável maior absorção deste nutriente por essas plantas. Como os grãos ficam maiores, pode também ter ocorrer um maior enchimento com amido, aumentando a proporção amido/proteína.

Quando se utilizaram 180kg/ha de nitrogênio os valores PG (Figura 11a) foram superiores em todas as lâminas de irrigação comparado à dose de 120kg/ha, porém a dose de 120kg/ha de nitrogênio já proporcionou valores de PG satisfatórios em todas as lâminas de irrigação estudadas. Bakhshi et al. (1992), na Índia, encontraram maior concentração de proteína em grãos de trigo com duas irrigações e dose de nitrogênio igual a 120kg/ha.

Patel e Upadhyay (1993), na Índia, também encontraram maiores teores de proteína em grãos de trigo com a aplicação de lâminas mais altas de irrigação e 120Kg/ha de nitrogênio. Abd-El-Gawward et al. (1993), no Egito, verificaram que estresse hídrico, especialmente em estádios mais tardios de desenvolvimento do trigo, aumentaram o teor de proteínas do grão. Koszanski, Karczmacyk e Podsiadlo (1995), na Polônia, observaram que a proteína de grãos de tritcale diminuiu com o aumento da irrigação e aumentou em taxas mais altas de nitrogênio.

A dose de 120Kg/ha de nitrogênio parece, segundo vários pesquisadores, independente do nível de irrigação, a mais adequada para o aumento do teor de proteína em grãos de trigo, enquanto aumento na disponibilidade de água no solo diminui esse teor.

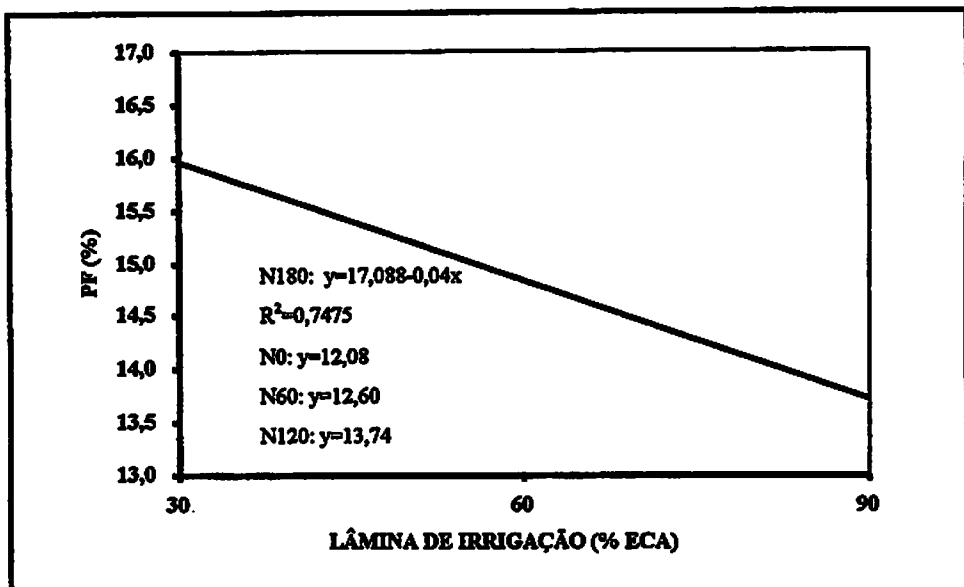
Quanto à análise de regressão para PF, no estudo da interação lâmina de irrigação x doses de nitrogênio, o ajuste das equações em função das lâminas de irrigação só foi significativo em N180, e tal como ocorreu em relação ao PG houve um decréscimo linear significativo de L30 para L90 (Figura 12a), com uma redução média de 0,04% para cada aumento de 1% da ECA na lâmina.

A análise de regressão indicou efeito significativo das lâminas de irrigação apenas para a cultivar BR 26 (Figura 12b). Esse teor decresceu em média 0,02% para cada 1% da ECA que se aumenta na lâmina de irrigação.

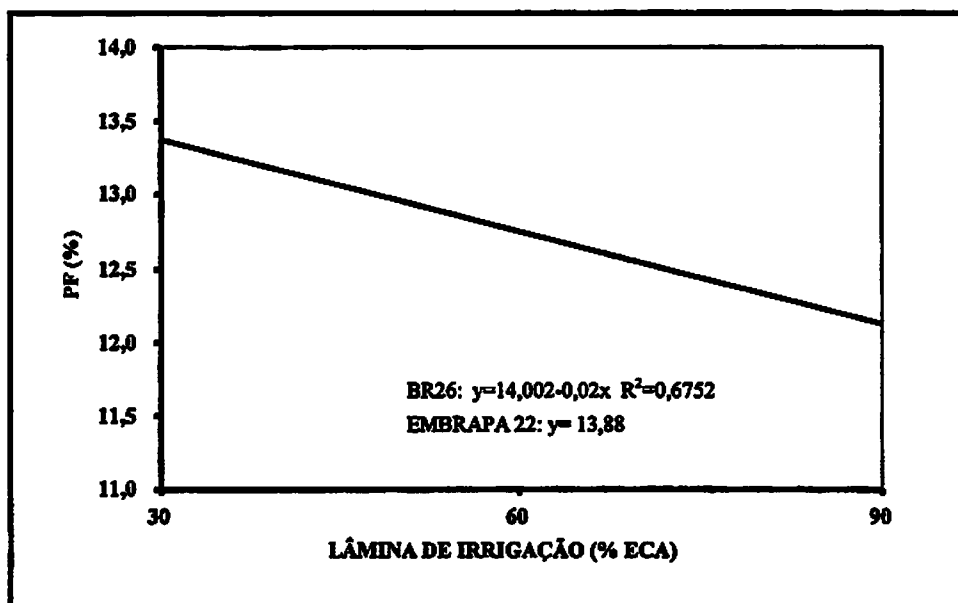
O teor de proteína revelou grãos e farinha de trigo de boa qualidade, com teores variando de médio (>11,6%) a alto (>13,6%), segundo Guarienti (1996). Considerando-se os valores de proteína encontrados na farinha, pode-se indicar o uso da 'EMBRAPA 22' para pão francês (13,5-15,5%), e o uso de ambas as cultivares para pão de forma (11,0 -12,5%) e pastas alimentícias (>12%), segundo Germani et al. (1997).

4.5.6 Extração de farinha (EX)

A EX, que expressa a quantidade de farinha retirada em relação ao peso total das frações obtidas, sofreu influência significativa das diferentes lâminas de irrigação e também das diferentes cultivares (Tabela 6). Porém, não foi influenciada pelas diferentes doses de nitrogênio e pela interação entre lâminas de irrigação e doses de nitrogênio e cultivares.



(a)



(b)

FIGURA 12. Representação gráfica e equação de regressão para o teor de proteína da farinha de trigo (%) em função de lâminas de irrigação em diferentes doses de nitrogênio (a) e para duas cultivares de trigo (b). UFLA, Lavras/MG, 1997.

Foi verificado que a cultivar EMBRAPA 22 apresentou um percentual de EX significativamente superior ($p \leq 0,05$) quando comparada a BR 26. A EX foi de 75,51% para a 'EMBRAPA 22' e de 74,83% para a BR 26, porém apesar da diferença significativa, esses valores encontram-se bastante próximos indicando de uma maneira geral um percentual satisfatório para ambas as cultivares.

A análise de regressão revelou ajuste significativo linear da EX em função de lâminas de irrigação (Figura 13).

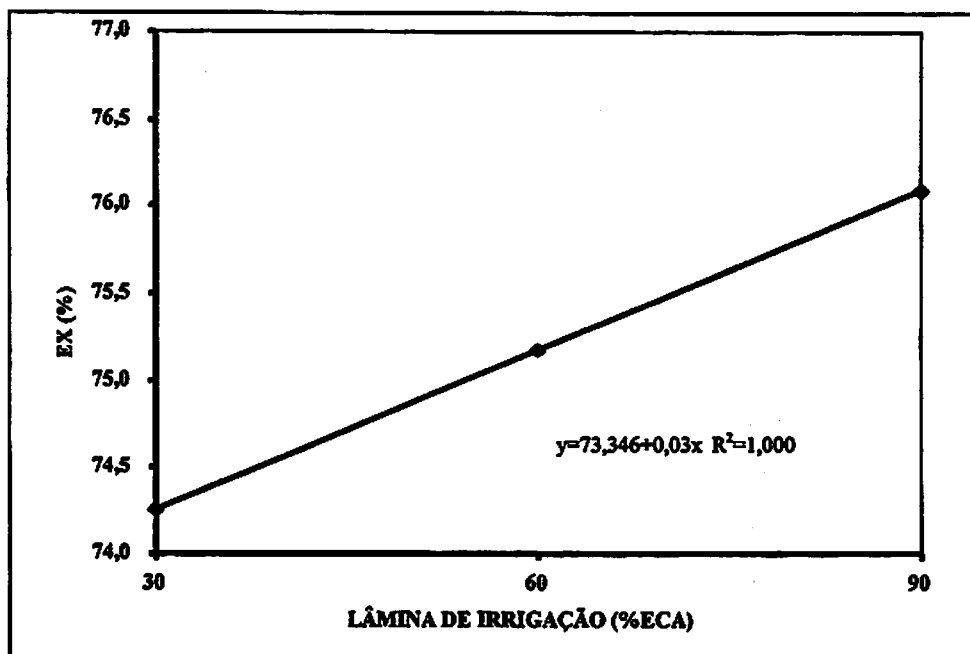


FIGURA 13. Representação gráfica e equação de regressão para extração de farinha de trigo (%) em função de lâminas de irrigação. UFLA, Lavras/MG, 1997.

Quanto maior a lâmina de irrigação maior a EX, independente da cultivar e doses de nitrogênio utilizadas. Espera-se nesse caso um aumento de 0,03% na EX para cada 1% da ECA que se incrementa na irrigação.

Os resultados obtidos demonstram, de acordo com o método de análise citado por Guarienti (1996), um percentual de extração variando de muito bom (L30) a excelente (L60 e L90). Pode-se afirmar também, que essa característica manteve uma relação positiva com o PH. Segundo a autora, quanto maior o PH, se não ocorrerem problemas na lavoura, maior o percentual de EX. Isso implica neste caso que a aplicação de água correspondente a L30 acarretou efeito positivo na qualidade da farinha, embora como já citado anteriormente não se disponha no caso de qualidade de um padrão de comparação com a testemunha (L0).

Outra relação que pode ser estabelecida é a do teor de cinza com a extração. Nesse caso também, a EX mantém certa relação com o teor de cinza, uma vez que segundo Germani et al. (1997) o grau de extração influencia fortemente o teor de cinza de uma farinha. Aquela que tem maior grau de extração tem, portanto, maior quantidade de farelo incorporado, e conseqüentemente maior teor de cinza.

4.5.7 Sedimentação (SED)

Os efeitos das doses de nitrogênio e das cultivares afetaram de forma significativa ($p \leq 0,05$) a SED do trigo (Tabela 6). Considerando-se a probabilidade de $p \leq 0,058$ como aceitável, o efeito de lâmina de irrigação pode ser considerado significativo, o que permitiu discutir esse efeito mediante a análise de regressão, considerando o fato de relevância para o estudo em questão.

A cultivar EMBRAPA 22 apresentou SED significativamente maior ($p \leq 0,05$) do que a cultivar BR 26, independente dos tratamentos utilizados.

Esses valores foram de 16,71ml para a 'EMBRAPA 22' e 12,09ml para a BR 26. Nesse caso, a 'EMBRAPA 22', segundo Germani (1997), pode ser classificada como uma cultivar de qualidade de glúten intermediário (entre 12,5 e 18,5ml), enquanto a 'BR 26' apresentou um valor praticamente no limite entre o fraco e o intermediário.

A análise de regressão indicou que houve um ajuste linear significativo ($R^2=0,99$) de lâmina de irrigação sobre a sedimentação independente da cultivar e doses de N utilizadas (Figura 14).

Essa sedimentação decresceu linearmente com o aumento da lâmina de irrigação, podendo-se estimar que para cada 1% da ECA que se aumentou na lâmina de irrigação correspondeu um decréscimo médio de 0,028ml na sedimentação.

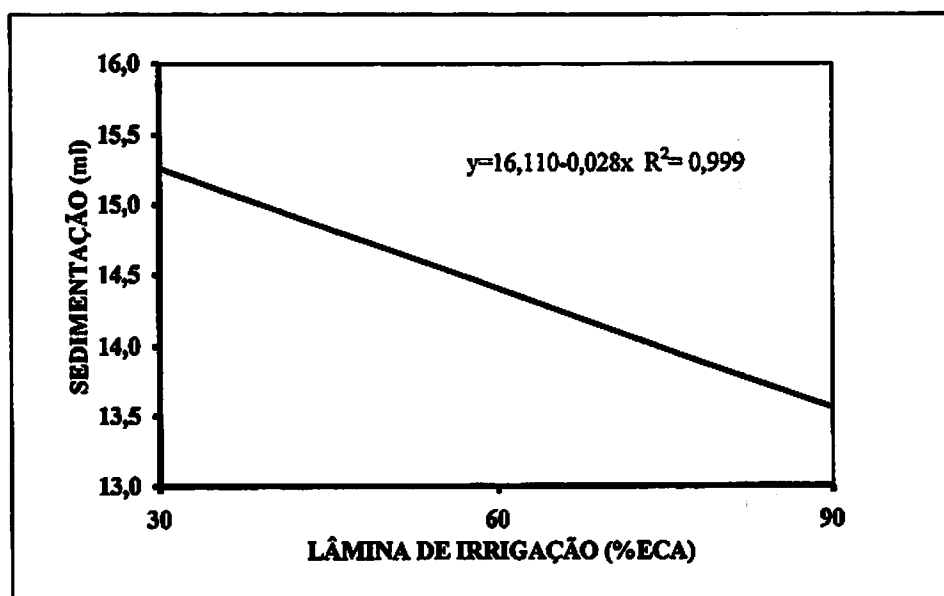


FIGURA 14. Representação gráfica e equação de regressão para a sedimentação do trigo (ml) em função de diferentes lâminas de irrigação. UFLA, Lavras/MG. 1997.

O mesmo comportamento foi observado para o teor de proteína no grão e na farinha, indicando a relação existente entre o teste de sedimentação e a análise do teor de proteína. Segundo Guarienti (1996) o teste de sedimentação que indica a força do glúten é afetado pela quantidade e qualidade da proteína. Na situação atual, tanto a proteína quanto a sedimentação decresceram em condições de lâminas mais altas de irrigação, indicando assim menor força do glúten nessas condições. Porém, outros testes e outros aspectos devem ser levados em consideração quanto à qualidade final da farinha.

4.5.8 Falling number ou número de queda (FN)

Todos os fatores estudados e suas interações mostraram influência significativa no FN, ou número de queda do trigo (Tabela 6).

A análise de regressão mostrou efeito linear (Figura 15a) significativo para N120 e N180, indicando decréscimo de valores de FN com o aumento das lâminas de irrigação para a cultivar EMBRAPA 22. Estima-se que para cada 1% da ECA correspondeu um decréscimo médio de 1,45s e 1,69s, respectivamente para N120 e N180. A cultivar BR 26 (Figura 15b) apresentou decréscimo no FN com o aumento da lâmina de irrigação em todas as doses de nitrogênio utilizadas, exceção apenas para o tratamento sem aplicação de nitrogênio (N0). Nesse caso, houve um ajuste significativo para a equação de regressão quadrática, podendo-se estimar o valor máximo de FN em 367 segundos em L59, decrescendo a partir desse ponto.

O decréscimo nos valores de FN em lâminas de irrigação mais altas até um certo limite indicam uma tendência de maior viscosidade na suspensão, ou seja menor quantidade de α -amilase. A presença dessa enzima em certas proporções é importante para a produção de açúcares, que garantem a quantidade necessária para uma fermentação correta e também a obtenção de uma boa cor e aroma no assamento, pois em quantidade excessiva (FN abaixo de

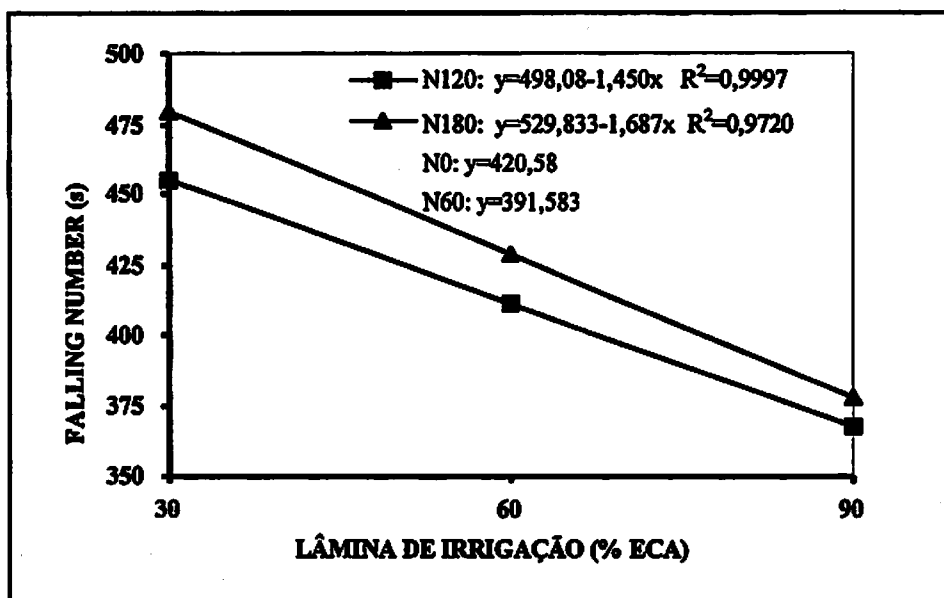
200s) a produção de dextrina é muito alta, retendo muita umidade no miolo e deixando-o pegajoso (Germani et al., 1997).

Valores ao redor de 250s são considerados ideais (Hagber, 1960 e Germani et al., 1997). Na verdade o FN expressa a atividade da enzima de α -amilase do grão e, geralmente é afetado pela ocorrência de chuvas por ocasião da colheita o que dá início a um processo germinativo e, conseqüentemente uma deterioração do grão (Moss, Derera e Balaam 1972). Entretanto, não ocorreram chuvas durante o período de maturação e colheita do trigo neste experimento.

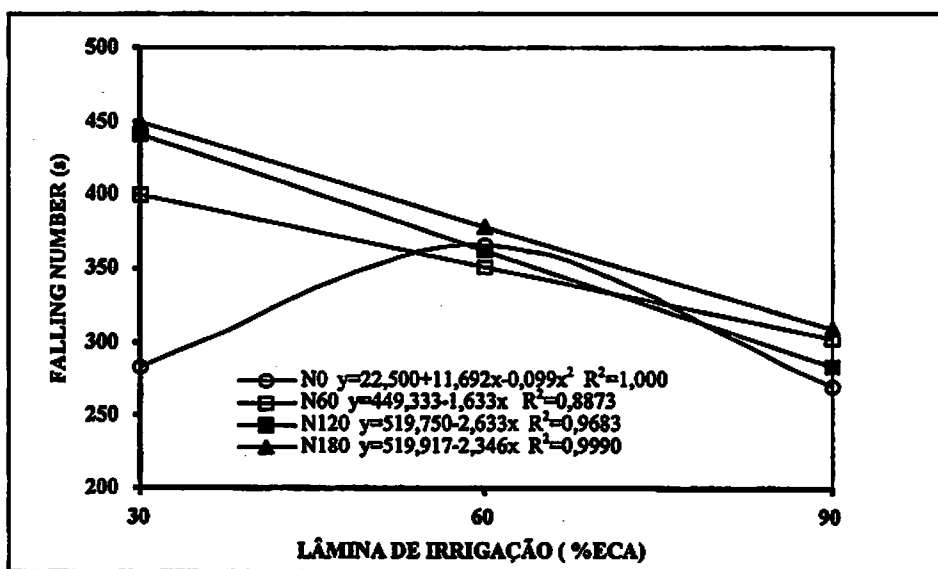
O valor mais próximo ao ideal (ao redor de 250s) segundo classificação citada por Guarienti (1996) e EPAMIG (1999) foi obtido em L90 para a 'BR 26' em N0 (269,25s). Porém, juntamente com essa característica, outras deverão ser levadas em consideração para uma avaliação final de qualidade.

Tanto a alta quanto a baixa atividade de α -amilase podem prejudicar a qualidade industrial do trigo, porém a alta atividade é mais difícil de ser corrigida, o que geralmente é possível por meio da mescla de trigo ou farinhas que possuem baixa atividade. Dessa forma, com os valores de FN obtidos em todas as lâminas, especialmente para a 'EMBRAPA 22' (ao redor 400s) provavelmente deve-se suplementar a mesma com enzimas como malte diastático, ou α -amilase fúngica (Germani et al. 1997).

De uma forma geral, na maioria das lâminas e doses de nitrogênio estudadas para as duas cultivares, seria necessário lançar-se mão de uma mescla com outras farinhas ou fontes de enzima α -amilase, caso o objetivo final seja a panificação. Para outras aplicações pode-se seguir recomendações citadas em Germani et al. (1997). O FN juntamente com força do glúten (W) obtido por intermédio da alveografia, permitirá a classificação das cultivares nas diferentes lâminas e doses de nitrogênio em classes de trigo (EPAMIG, 1999).



(a)



(b)

FIGURA 15. Representação gráfica e equações para falling number do trigo em função de lâminas de irrigação em diferentes doses de nitrogênio, para a cultivar e 'EMBRAPA 22' (a) e 'BR 26' (b).UFLA, Lavras/MG, 1997.

4.6 Testes reológicos

4.6.1 Alveografia

O resumo da análise de variância das características de alveografia encontram-se na Tabela 7.

4.6.1.1 Pressão (*P*), extensibilidade (*L*) e relação *P/L*

Houve efeito significativo de todos os fatores estudados na pressão máxima de ruptura *P*, exceto das interações *L* x *N* x *C* e *L* x *N*. Para as variáveis extensibilidade *L* e relação *P/L*, ocorreu efeito significativo da interação lâminas x doses de nitrogênio x cultivares (Tabela 7).

O ajuste para equação de regressão (Figura 16) indicou um decréscimo linear de *P* para a cultivar EMBRAPA 22 à medida que se aumentou a lâmina de irrigação. Já para a 'BR 26 ocorreu um decréscimo de *P* de L30 para L60

TABELA 7. Resumo da análise de variância para pressão máxima de ruptura (*P*), extensibilidade (*L*), relação *P/L* (*P/L*) e força geral do glúten (*W*) pela análise de alveografia. UFLA, Lavras/MG, 1997.

FV	GL	P	L	P/L	W
Quadrado médio					
Lâmina (L)	3	188,07*	267,53ns	0,2674ns	21503,69*
Rep/L	12	18,75	106,74	0,04	1146,30
Nit (N)	3	157,39*	2388,34**	0,9207**	13835,27**
Cult. (C)	1	991,63**	25616,87**	5,0279**	576604,65**
LxN	9	68,20ns	2794,32**	0,6874**	10320,12**
LxC	3	476,91**	3919,08**	1,2375**	2943,32ns
NxC	3	128,57*	411,92ns	0,2405**	4156,03ns
LxNxN	9	45,21ns	1600,01*	0,0819*	2685,730ns
Resíduo	84	44,24	6311,28	0,0359	2028,12
CV(%)		6,68	12,12	14,51	17,16

ns = não significativo, * e ** significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

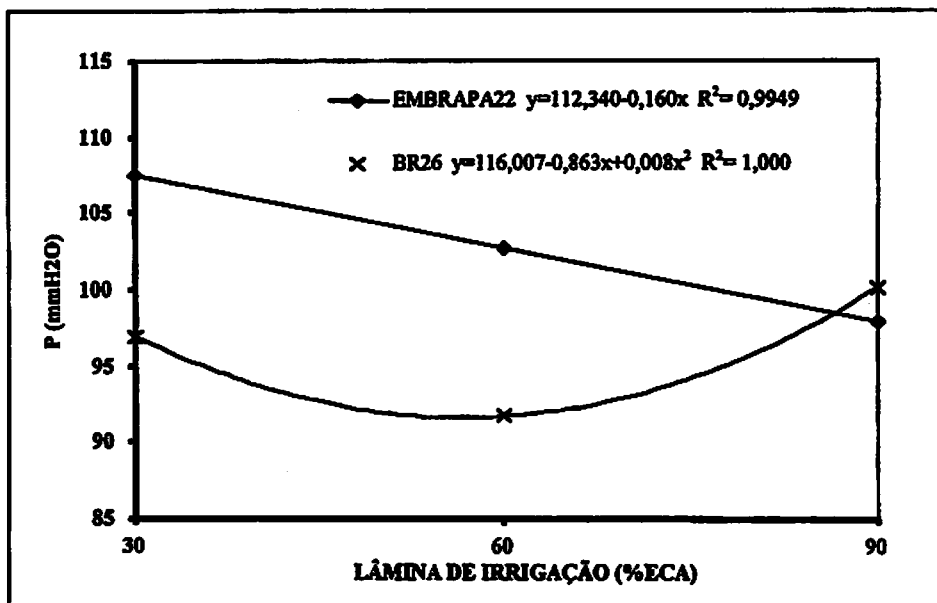


FIGURA 16. Representação gráfica e equações de regressão para P de duas cultivares de trigo em função de lâminas de irrigação. UFLA, Lavras/MG, 1997.

(mínimo em L54) e a partir daí um acréscimo até L90, representado por uma equação quadrática. Valores de P segundo Chen e D'Appolonia (1985) correlacionam-se positivamente com a capacidade de absorção de água da farinha (ABS) medida no farinógrafo. No caso da 'EMBRAPA 22' verificou-se o inverso neste trabalho.

Quanto à 'BR 26', apesar do decréscimo verificado inicialmente no valor de P , de L60 para L90 esse valor aumentou apresentando a mesma tendência verificada para a ABS com o aumento crescente das lâminas de irrigação.

Quanto ao valor de L para a cultivar EMBRAPA 22, houve efeito linear significativo da irrigação apenas em N0 (Figura 17a), podendo-se estimar que para cada 1% da ECA, correspondeu um incremento médio de 0,57mm nos valores de L .

Quanto à cultivar BR 26, em N120 e N180, ocorreu um efeito inverso ao obtido para a EMBRAPA 22, sendo que para as demais doses não se verificou significância (Figura 17b). Nesse caso, houve um decréscimo médio de 0,38 e 0,41mm nos valores de L , respectivamente em N120 e N180, para cada 1% da ECA que se aumentou na irrigação.

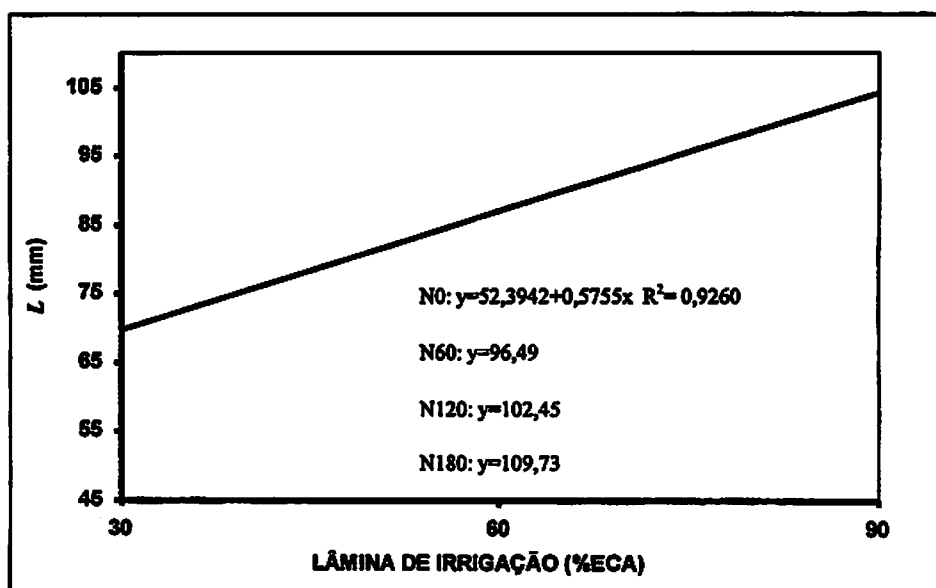
Para a relação P/L a análise de regressão apresentou efeito significativo para a 'EMBRAPA 22' apenas em N0 com decréscimo linear de L30 para L90 (Figura 18a).

A cultivar BR 26 apresentou um comportamento inverso, nas doses de N0, N60 e N120, sendo que em N0 e N120, P/L passa por um mínimo em L61,7 e L49,2, respectivamente, e torna a crescer até L90, enquanto que em N60 houve um incremento linear médio estimado em 0,0105 para cada 1% da ECA (Figura 18b). Apesar do comportamento diferenciado observado para P/L para as duas cultivares com o aumento das lâminas de irrigação, os valores obtidos encontram-se dentro dos padrões de classificação adotados para esta característica, e descritos por Guarienti (1996).

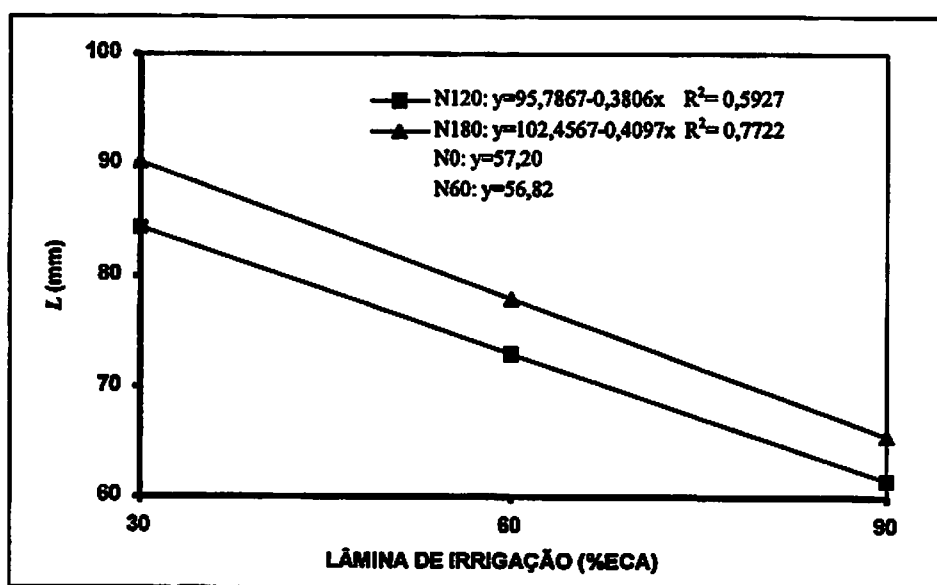
4.6.1.2 Força geral do glúten (W)

A força geral do glúten (W) com base na análise do alveógrafo, foi afetada de forma significativa pela irrigação, nitrogênio e cultivar isoladamente e pela interação lâmina x nitrogênio (Tabela 7).

No teste de alveografia W é a principal característica considerada indicando a força ou trabalho mecânico, necessário para expandir a massa. Segundo EPAMIG (1999) é utilizado como padrão de classificação do trigo dentro das diferentes classes. Ficou visível mediante os resultados que tanto a irrigação isoladamente quanto interagindo com o nitrogênio pode alterar essa energia de deformação da massa que representa a força geral do glúten de uma determinada farinha.

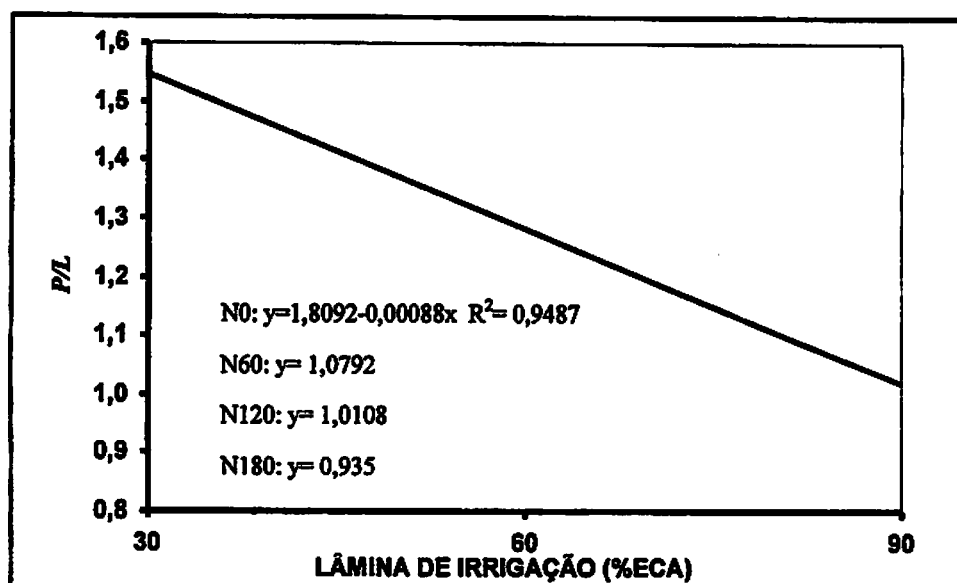


(a)

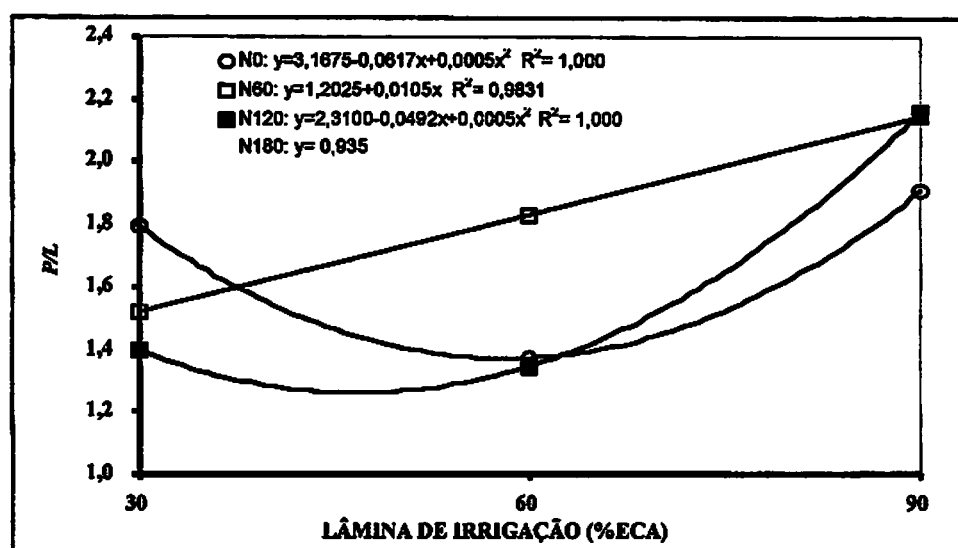


(b)

FIGURA 17. Representação gráfica e equações de ajuste para L em função de lâminas de irrigação em diferentes doses de nitrogênio para a 'EMBRAPA 22' (a) e 'BR 26' (b). UFLA, Lavras/MG, 1997.



(a)



(b)

FIGURA 18. Representação gráfica e equações de regressão para P/L em função de lâminas de irrigação em diferentes doses de nitrogênio para a 'EMBRAPA 22' (a) e 'BR 26' (b). UFPA, Lavras/MG, 1997.

Pelas médias dos tratamentos constatou-se ($p \leq 0,05$) que independente da lâmina de irrigação e das doses de nitrogênio utilizadas, a cultivar EMBRAPA 22 apresentou maiores valores de W de $339,84 \cdot 10^{-4} \text{J}$ em relação a 'BR 26' de $184,84 \cdot 10^{-4} \text{J}$. De acordo com classificação citada em Guarienti (1996) a farinha obtida da cultivar EMBRAPA 22 possui força geral do glúten forte ($301-400 \cdot 10^{-4} \text{J}$), ao passo que a 'BR 26' pode ser classificada como de força média ($101-200 \cdot 10^{-4} \text{J}$). De acordo com EPAMIG (1999), a farinha produzida pela 'EMBRAPA 22' poderia ser indicada para uso em massas alimentícias, bolachas tipo água e sal "crackers", pão industrial (pão de forma) e mescla com trigos brandos para fins de panificação. Esse trigo se classificaria como "melhorador" o que segundo Germani et al. (1997) significa um trigo de alta qualidade de glúten. Já a BR 26 seria indicada para a panificação, embora o valor médio verificado ($184,84 \cdot 10^{-4} \text{J}$) esteja bem próximo do mínimo exigido para enquadramento nessa classe. De acordo com Rosa e Rosa Filho (1998) trigos com valores de W maiores que $300 \cdot 10^{-4} \text{J}$ são considerados fortes, enquanto trigos com valores de W menores que $150 \cdot 10^{-4} \text{J}$ são fracos e, para a produção do pão francês, o trigo deve apresentar W entre 180 a $200 \cdot 10^{-4} \text{J}$.

Na classificação de cultivares, a 'EMBRAPA 22' é enquadrada na classe panificação e a 'BR 26' brando, com a ressalva de que essas classificações poderiam ser alteradas futuramente, uma vez que podem ser influenciadas por diferentes condições ambientais, de cultivo, secagem e armazenamento (EPAMIG, 1999).

O estudo de regressão para verificar o efeito de irrigação sobre W indicou diferença significativa entre os tratamentos apenas em N120 e N180, independente da cultivar utilizada.

Em ambas as doses, houve decréscimo linear significativo no valor W com o aumento das lâminas de irrigação (Figura 19).

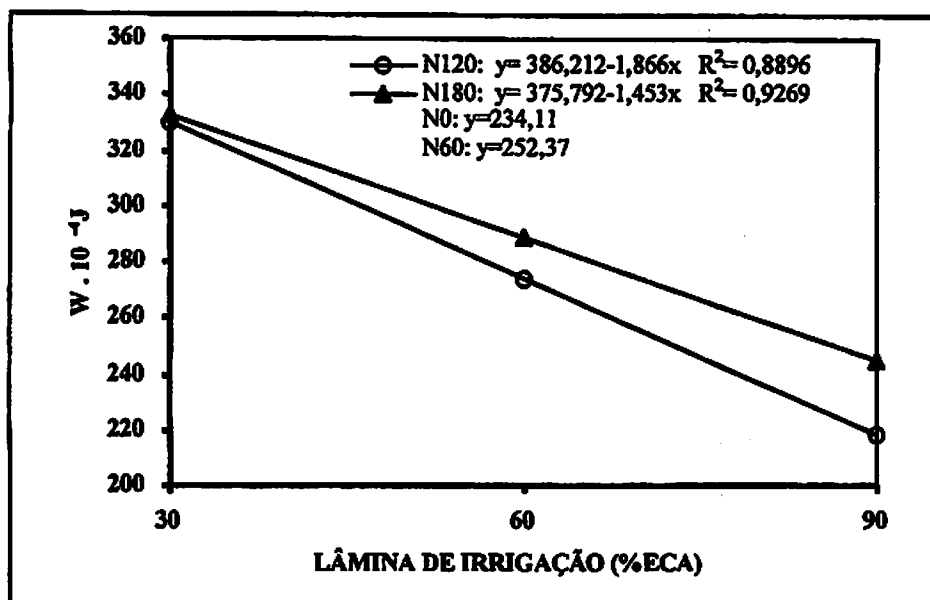


FIGURA 19. Representação gráfica e equações de regressão para força do glúten (W) do trigo em função de lâmina de irrigação em diferentes doses de nitrogênio. UFLA, Lavras/ MG, 1997.

Estima-se que para cada 1% da ECA, correspondeu um decréscimo médio de 1,87 e 1,45 nos valores da força geral do glúten, respectivamente, em N120 e N180. Para doses menores que 60kg/ha de nitrogênio, o efeito da irrigação não afetou a força geral do glúten.

Os valores de W para L30 foram praticamente os mesmos em N120 e N180, porém com o aumento da lâmina de irrigação, os pontos verificados para cada lâmina foram distanciando-se e em L60 e L90 observam-se valores superiores de W quando a aplicação de nitrogênio foi de 180 kg/ha. Tal comportamento é evidenciado pelos coeficientes de regressão (1,87 e 1,45).

Na dose de 120kg/ha de nitrogênio os valores de W foram $330 \cdot 10^{-4}J$ em L30, passando por $274 \cdot 10^{-4}J$ em L60 e $218 \cdot 10^{-4}J$ em L90. Na dose de 180kg/ha de nitrogênio foi de $332 \cdot 10^{-4}J$ em L30, $288 \cdot 10^{-4}J$ em L60 e $245 \cdot 10^{-4}J$ em L90.

Esses índices possuem a sua adequabilidade de acordo com um uso específico. Em ambas as doses (N120 e N180) o trigo em L30 se classifica como melhorador e em L60 e L90 como trigo para pão (EPAMIG, 1999).

O decréscimo nos valores de W com o aumento da irrigação relacionou-se positivamente com o teor de proteína. De acordo Laborem, Wagner e Reyes (1991) em situações de deficiência hídrica ocorre um aumento no teor de um aminoácido formador da proteína do glúten, denominado prolina. Segundo esses autores, esse aumento na concentração de prolina indica situação de estresse hídrico na planta. Por outro lado, Germani et al. (1997) relataram que alta quantidade de prolina interfere na estrutura das proteínas que constituem o glúten. Essa relação existente entre o comportamento do teor de proteína e a força geral do glúten pode estar relacionada a esse fato. Porém, estudos mais detalhados seriam necessários para se fazer qualquer afirmação a esse respeito.

4.6.2 Farinografia

4.6.2.1 Absorção de água (ABS) – (%)

A ABS foi influenciada pelos tratamentos de irrigação, nitrogênio, cultivar e da interação entre lâmina de irrigação x nitrogênio (Tabela 8).

A comparação entre valores médios de ABS para as cultivares estudadas indicou ($p \leq 0,05$) maior absorção de água pela farinha de trigo da cultivar BR 26. Esses valores foram de 60,57% para a 'EMBRAPA 22' e de 61,76% para a 'BR 26'.

A análise de regressão mostrou que houve efeito significativo das lâminas sobre a absorção de água (ABS), apenas quando não se aplicou nitrogênio (Figura 20), podendo-se estimar que para cada 1% de ECA, correspondeu um incremento médio de 0,038 na % de ABS.

TABELA 8. Resumo da análise de variância para absorção de água (ABS), tempo de desenvolvimento da massa (TDM), índice de tolerância a mistura (ITM), estabilidade (EST) pela farinografia e do escore de panificação (EP). UFLA, Lavras/MG, 1997.

FV	GL	ABS	TDM	ITM	EST
Lâmina (L)	3	12,98*	169,11**	3138,28**	292,56*
Rep/L	9	1,34	0,28	67,27	27,24
Nit (N)	3	10,59**	36,37**	59,29ns	14,88ns
Cult (C)	1	33,96**	319,19**	13656,51**	1006,86**
LxN	6	1,72*	11,07**	113,98ns	48,59ns
LxC	2	1,06ns	15,63**	86,19ns	228,18**
NxC	3	0,85ns	6,23*	105,81ns	33,56ns
LxNx C	6	0,61ns	2,91ns	112,59ns	24,06ns
Resíduo	63	0,67	1,85	68,27	27,50
CV(%)		1,34	18,18	21,07	54,55

ns = não significativo, * e ** significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

O percentual de ABS requerido pela farinha para obtenção de uma consistência predeterminada girou em torno de 60%. De acordo com Guarienti (1996) e Germani et al. (1997) a ABS é um indicativo de absorção de água para o fabricante de pão. Segundo os autores, farinhas com alto conteúdo protéico apresentam alta absorção, embora o inverso nem sempre seja verdadeiro.

4.6.2.2 TDM (Tempo de desenvolvimento da massa - min) e ITM (Índice de tolerância a mistura -UF)

Tanto o TDM como o ITM foram influenciados pelo efeito da irrigação. O TDM também foi afetado pelo nitrogênio, cultivar e as interações L x N, L x C e N x C, enquanto o ITM além da irrigação só foi afetado pelas cultivares (Tabelas 8).

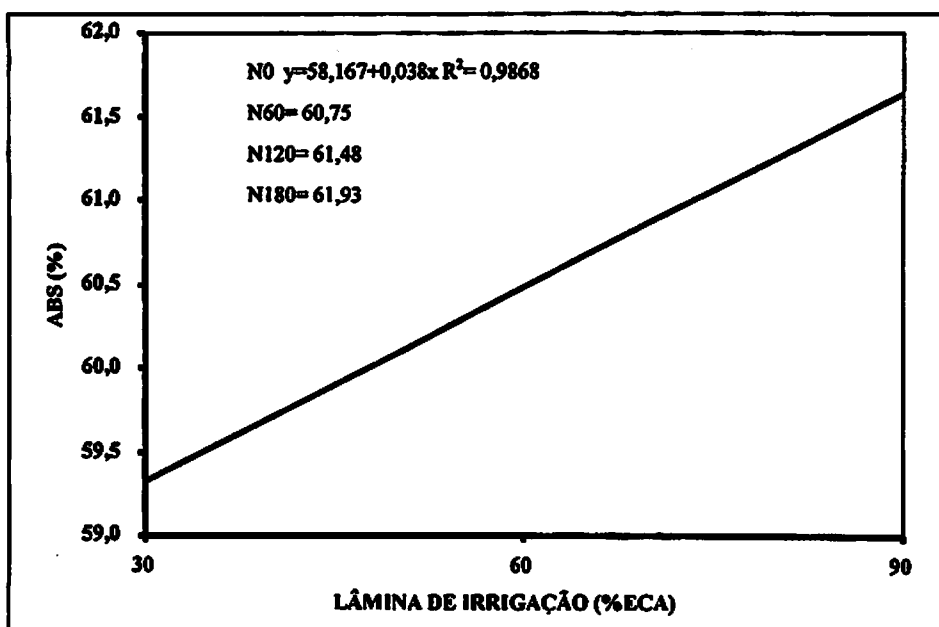


FIGURA 20. Representação gráfica e equações de regressão para ABS da farinha de trigo em função de lâmina de irrigação em diferentes doses de nitrogênio. UFLA, Lavras/MG, 1997.

Os valores de ITM obtidos foram de 27,29 UF para a cultivar EMBRAPA 22 e de 51,15 UF para a BR 26. Portanto, a cultivar BR 26 independente do tratamento utilizado, apresentou maiores valores de ITM ($p \leq 0,05$), classificando-se como uma farinha de trigo de média força-forte. A cultivar EMBRAPA 22 classifica-se como forte, Guarienti (1996).

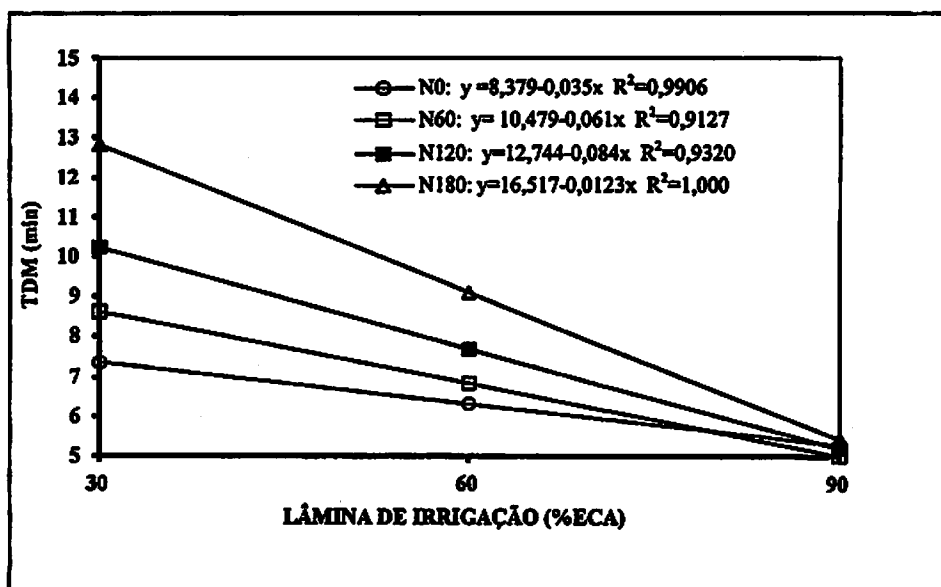
Pela análise de regressão obteve-se um decréscimo linear para o TDM em função das lâminas de irrigação em todas as doses de nitrogênio estudadas (Figura 21a). Quanto maior a lâmina de irrigação, menor o TDM. Em L90 esses valores se convergem ao redor de 5 minutos indicando que nesse nível de irrigação a farinha apresenta média força-fraca (Guarienti, 1996).

Quanto ao efeito da irrigação sobre as duas cultivares estudadas, a análise de regressão mostrou que houve efeito linear significativo de lâminas de irrigação sobre os valores de TDM (Figura 21b) para ambas. Pode-se estimar que para cada 1% de ECA que se adiciona na irrigação, correspondem decréscimos médios de 0,099 e 0,053, respectivamente, para as cultivares 'EMBRAPA 22' e 'BR 26'.

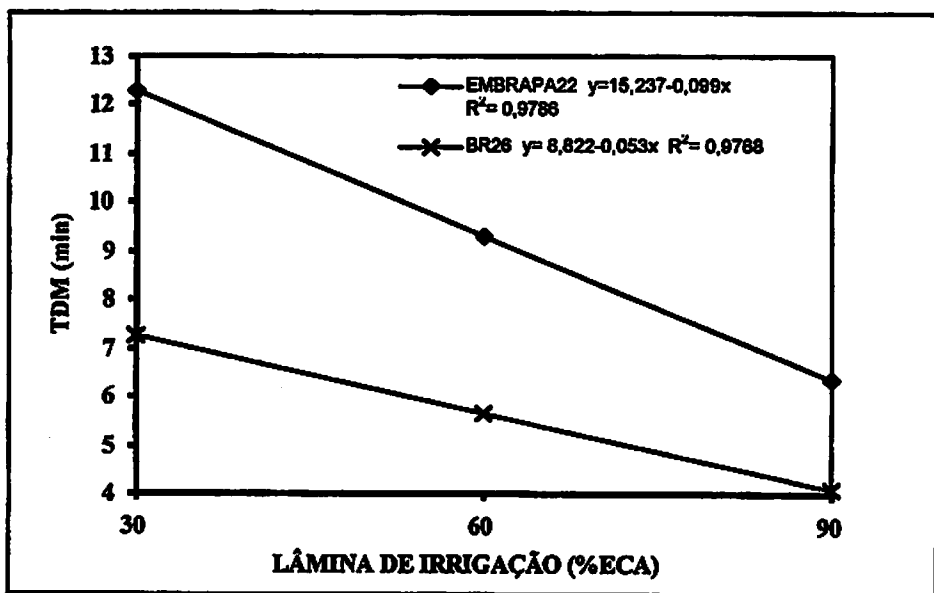
A cultivar EMBRAPA 22 proporcionou valores mais elevados de TDM, enquadrando-se como uma farinha forte em L30 (12,27min), forte em L60 (9,30min) e média força-forte em L90 (6,34min). Quanto a BR 26, em L30 classificou-se como média força-forte (7,24min), em L60 (5,66min) e L90 (4,08min) como média força-fraca, segundo Guarienti (1996). De acordo com a autora o TDM é um indicativo do tempo que o profissional de panificação dispõe para determinar o percentual de absorção de água da farinha que está trabalhando, de forma a deixar a massa com a consistência ideal para o fabrico do pão.

De uma forma geral o TDM decresceu com o aumento da lâmina de irrigação tanto quando utilizou-se diferentes doses de nitrogênio quanto cultivares diferenciadas.

O ITM do trigo aumentou linearmente com o aumento das lâminas de irrigação independente das doses de nitrogênio e da cultivar utilizada, podendo-se estimar um incremento médio de 0,328 para cada 1% da ECA que se adiciona na irrigação (Figura 22). Os índices obtidos, de L30 até L90, permitem classificar o trigo como de massa forte, mesmo considerando as variações ocorridas, segundo classificação citada em Guarienti (1996). De acordo com a autora o ITM fornece informações sobre a maior ou menor tolerância da massa à mistura. Apesar do aumento verificado os valores em obtidos em todas as lâminas indicam uma massa de consistência satisfatória.



(a)



(b)

FIGURA 21. Representação gráfica e equações de regressão para o TDM do trigo em função de lâminas de irrigação em diferentes doses de nitrogênio (a) e para duas cultivares de trigo (b). UFLA, Lavras/MG, 1997.

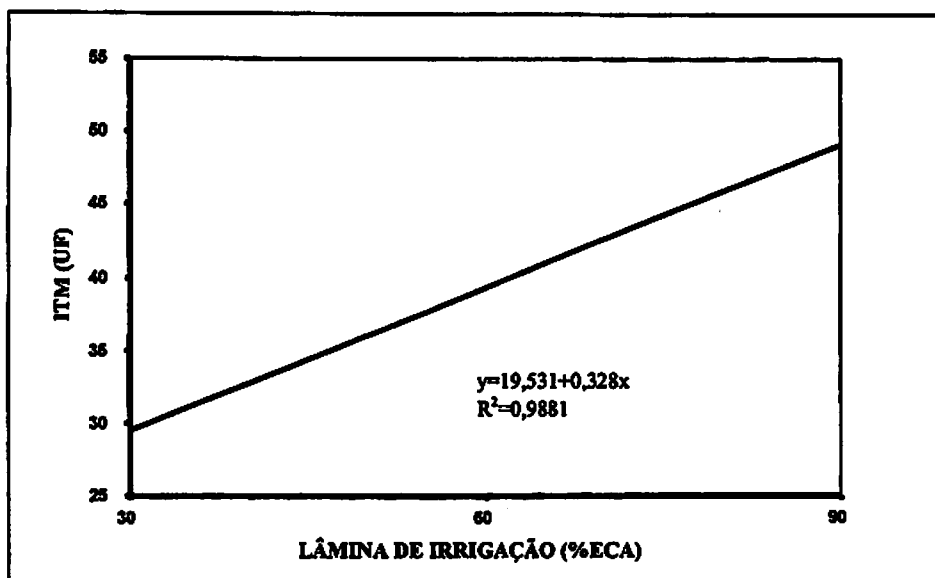


FIGURA 21. Representação gráfica e equações de regressão para o ITM do trigo em função de lâmina de irrigação. UFLA, Lavras/MG, 1997.

4.6.2.3 Estabilidade - EST (min)

A EST da farinha foi afetada pelas lâminas de irrigação, pelas cultivares e pela interação lâminas de irrigação x cultivares. (Tabela 8).

A análise de regressão (Figura 23) indicou para a cultivar EMBRAPA 22 uma redução linear da EST com o aumento da lâmina de irrigação, permitindo estimar que para cada 1% de ECA adicionado na irrigação, correspondeu um decréscimo médio de 0,178 nos valores de EST. Adotando-se a classificação citada em Guarienti (1996), os valores obtidos para essa cultivar classificam-na como de média força-forte em L90, forte em L60 e muito forte em L30.

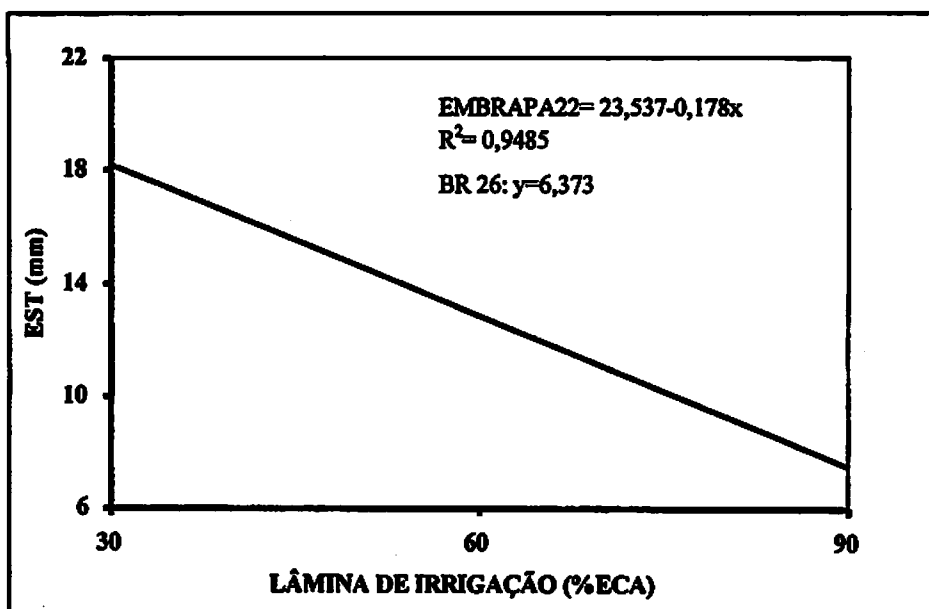


FIGURA 23. Representação gráfica e equações de regressão para estabilidade do trigo em função de lâmina de irrigação da cultivar EMBRAPA 22. UFLA, Lavras/MG, 1997.

Essa tendência de decréscimo de EST, com o aumento da lâmina de irrigação constatado para a cultivar EMBRAPA 22, pode ser um indicativo de menor resistência da massa ao tratamento mecânico e ao tempo do processo fermentativo na fabricação do pão (Guarienti, 1996), nessas condições de manejo de irrigação.

4.7 Glúten úmido, glúten seco e índice de glúten (GU, GS e IG)

O efeito de lâmina isoladamente não interferiu no glúten úmido e seco, porém foi significativo para índice de glúten. Ocorreu efeito significativo das interações lâminas x cultivares, lâminas x doses de nitrogênio e doses de nitrogênio x cultivares para glúten úmido e índice de glúten. O glúten seco também sofreu efeito dessas interações, com exceção apenas de doses de nitrogênio x cultivares (Tabela 9).

TABELA 9. Resumo da análise de variância para glúten úmido (GU), glúten seco (GS) e índice de glúten (IG). UFLA, Lavras/MG, 1997.

FV	GL	GU	GS	IG	EP
QUADRADO MÉDIO					
Lâmina (L)	3	11,45ns	5,91ns	726,50*	509,04ns
Rep/L	9	7,31	2,22	66,59	82,57
Nit (N)	3	221,53**	25,72**	1071,70**	315,29**
Cult (C)	1	138,24**	31,74**	3278,34**	28,17ns
LxN	6	31,99**	4,98*	208,99*	85,04ns
LxC	2	40,32**	7,02*	300,12*	68,79ns
NxC	3	23,93*	4,75ns	614,34**	39,19ns
LxNxC	6	16,35ns	2,84ns	180,58ns	37,40ns
Resíduo	63	8,07	2,08	87,48	47,66
CV(%)		9,78	14,43	10,45	8,79

ns = não significativo, * e ** significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

O estudo de regressão para GU e GS em função das lâminas de irrigação não foi significativo para glúten úmido e seco.

Com relação à interação lâminas x cultivares para o IG, a análise de regressão não foi significativa para a cultivar EMBRAPA 22. Para a cultivar BR 26 houve um efeito quadrático de lâminas de irrigação (Figura 24), podendo-se estimar que o menor índice foi obtido com a lâmina de 67%.

Já no desdobramento da interação lâminas x doses de nitrogênio, a análise de regressão mostrou que houve efeito significativo das lâminas sobre o IG, em N120 e N180 (Figura 25), podendo-se estimar que para cada 1% de ECA, correspondeu um decréscimo médio de 0,25% no IG em N180; e em N120 o IG mínimo foi alcançado em L60. Comportamento semelhante foi observado em relação ao teor de proteína do grão que também foi significativa em relação à irrigação em N120 e N180. Da mesma forma o estudo de regressão para efeito

de lâmina de irrigação sobre a proteína do grão só foi significativo para a cultivar BR 26. Isso com certeza indica uma relação entre essas características.

4.8 Escore de panificação (EP)

Não houve efeito significativo das lâminas de irrigação, bem como da interação entre lâminas de irrigação com as doses de nitrogênio e cultivares estudadas (Tabela 9).

O comportamento das cultivares diferiu de forma significativa entre si ($p \leq 0,05$). O valor obtido para a cultivar BR 26 foi de 79,06 e para a cultivar EMBRAPA 22 foi de 77,98.

Não houve efeito significativo de lâminas de irrigação, bem como de suas interações com os demais fatores estudados sobre o EP. Infere-se, assim que os escores de panificação possuem valores semelhantes em todas as lâminas de irrigação o que indica que o aspecto do pão (cor, aroma, sabor, volume) foi semelhante em todas as lâminas de irrigação.

4.9 Produtividade x qualidade

Altas produtividades devem estar aliadas à boa qualidade industrial, aspecto que no caso do trigo é de caráter relevante. Segundo Rosa e Rosa Filho (1998) existe um empenho da pesquisa para atender às necessidades do mercado de trigo em ambientes diferenciados trabalhando-se principalmente características, tais como: qualidade industrial, tolerância a vários fatores de estresses abióticos, resistência ao acamamento e a doenças, resposta à adubação com NPK, adaptação ampla, estabilidade e potencial de grãos.

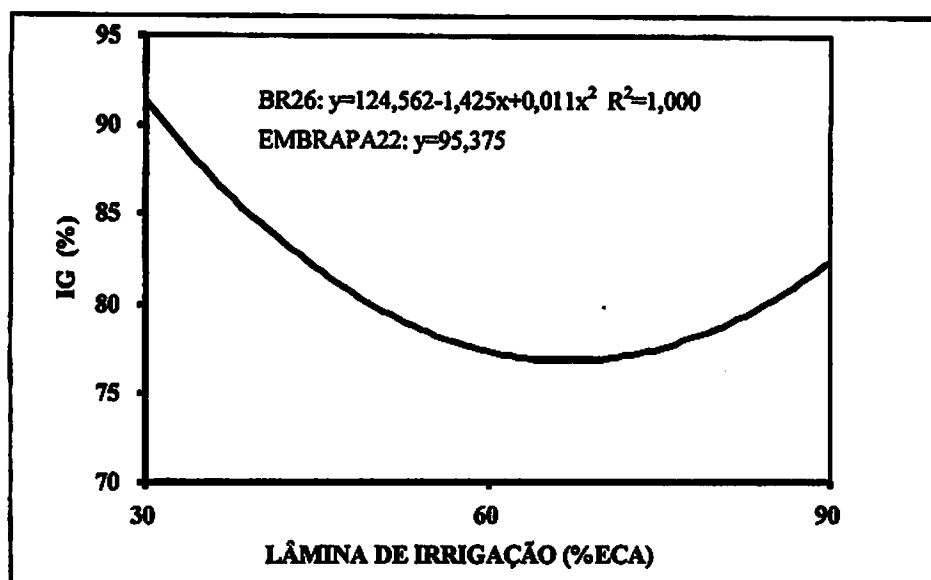


FIGURA 24. Representação gráfica e equação de regressão para índice de glúten (%) em função de lâmina de irrigação para cultivares de trigo. UFLA, Lavras/MG, 1997.

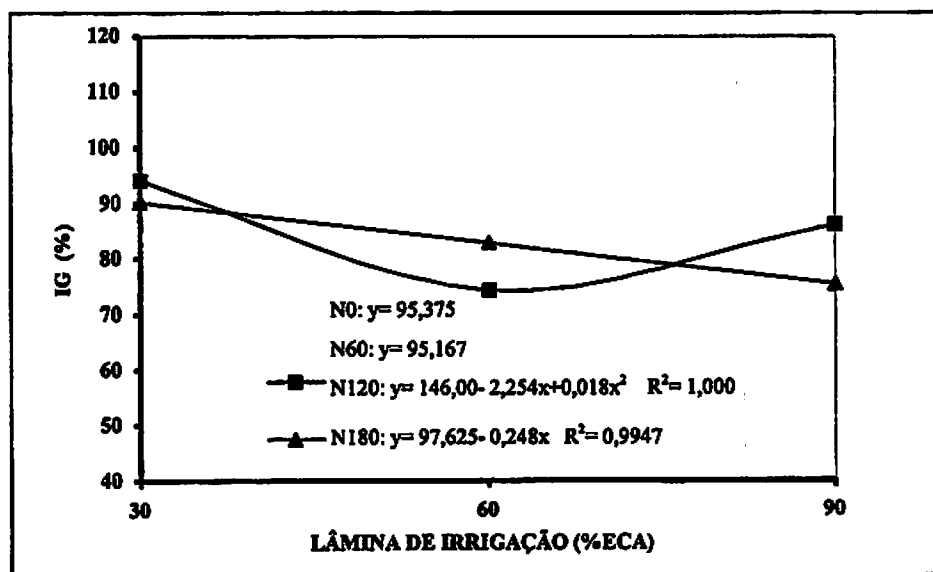


FIGURA 25. Representação gráfica e equações de regressão para o índice de glúten (%) em função de lâminas de irrigação em diferentes doses de nitrogênio. UFLA, Lavras/MG, 1997.

Para estabelecer uma comparação entre produtividade e qualidade industrial, adotou-se como valor referencial produtividades acima de 4000kg/ha para o trigo irrigado na região, embora produtividades ao redor de 3500kg/ha possam ser consideradas como satisfatórias.

Para as características de qualidade, adotaram-se padrões de classificação citados em Guarienti (1996), Germani et al. (1997), além das normas do Ministério da Agricultura e Abastecimento publicada no Diário Oficial da União de 29/01/1999 citadas em EPAMIG (1999).

Os resultados médios da produtividade e das características de qualidade industrial do trigo que sofreram influência significativa dos três fatores estudados são apresentados na Tabela 10.

Nesse caso, para a cultivar EMBRAPA 22, produtividades acima de 4000kg/ha foram obtidas com lâminas de irrigação partir de 60% da ECA e doses de nitrogênio a partir de 60kg/ha de forma praticamente crescente até L90N180. Os valores de PH, mesmo na ausência de água e nitrogênio estiveram acima do mínimo exigido de 78kg classificando-o como trigo do tipo 1.

O FN na faixa considerada variou de 360 a 410 segundos para a cultivar EMBRAPA 22, valores indicam uma farinha com menor concentração de α -amilase e dessa forma, pode-se lançar mão de uma suplementação com enzimas de outras fontes ou mescla com outras farinhas (Germani et al., 1997), dependendo da aplicação do produto final.

Os valores de L obtidos na faixa de produtividade considerada mantiveram-se ao redor de 100mm. De acordo com Guarienti (1996) quanto mais alto esse valor, maior será o volume do pão, dependendo, entretanto do valor da pressão máxima de ruptura (P). Segundo Chen e D'Appolonia, (1985) deve existir uma proporcionalidade dos valores de P e L (relação P/L) para associados ao valor de W (força geral do glúten), expressarem um bom potencial de panificação.

Quanto à relação P/L na faixa considerada foram obtidos valores variando de 0,82 a 1,12, que segundo Guarienti (1996) indicam uma farinha de glúten balanceado.

Para a BR 26 (Tabela 10) produtividades médias acima de 4000kg/ha foram obtidas a partir de L60 em doses de nitrogênio acima de 180kg/ha até L90. Quanto ao PH as mesmas considerações feitas para a cultivar EMBRAPA 22 podem ser feitas para a cultivar BR 26.

Para essa cultivar os valores de FN foram ligeiramente inferiores aos encontrados para a cultivar EMBRAPA 22 especialmente de L60N180 a L90N120 os quais situaram-se abaixo de 300 segundos, o que indica valores mais próximos aos considerados ideais (ao redor 250segundos). Nessas condições a farinha pode ser utilizada em panificação, sem a necessidade suplementação de α -amilase. O valor mais próximo ao ideal (269segundos) foi obtido utilizando-se uma lâmina de 60% da ECA sem aplicação de nitrogênio.

Os valores médios de L variaram de 51 a 85mm, por sua vez menores que os obtidos para a cultivar EMBRAPA 22. Quanto aos valores médios da relação P/L , ocorreu uma variação dentro da faixa de produtividade considerada de 1,08 a 2,17, indicando um glúten tenaz (acima de 1,21) segundo Guarienti (1996).

Para o trigo, no Brasil, a melhora da qualidade aliada a altas produtividades é de caráter fundamental para que a produção desse cereal seja compensadora ao produtor face à concorrência do trigo produzido em outros países, e isso como visto pode ser obtido com um manejo adequado da cultura no campo.

TABELA 10. Apresentação de resultados de produtividade, peso do hectolitro, "falling number", extensibilidade e relação P/L para os quais houve interação dos fatores lâmina de irrigação e doses de nitrogênio para duas cultivares de trigo. UFLA, Lavras/MG, 1997.

Lâmina (%ECA)	Nitrogênio kg/ha	EMBRAPA 22				
		PROD.kg/ha	PH (kg)	FN (min)	L (mm)	P/L
L0	0	708,52	81,75	-	-	-
	60	420,12	80,34	-	-	-
	120	733,45	81,48	-	-	-
	180	790,42	80,85	-	-	-
L30	0	2255,75	85,64	448,50	72,44	1,51
	60	3074,25	85,47	406,00	87,16	1,24
	120	3643,09	84,67	455,00	109,57	0,97
	180	2519,67	83,70	474,25	94,75	1,16
L60	0	2722,42	85,21	403,50	81,23	1,35
	60	4025,50	84,71	397,25	100,85	1,03
	120	4217,67	84,48	410,25	97,60	1,12
	180	4157,75	83,24	438,50	118,60	0,82
L90	0	4284,45	86,74	409,75	106,90	0,98
	60	5462,09	86,13	371,50	101,45	0,97
	120	5403,72	85,35	368,00	100,19	0,94
	180	5697,27	85,42	373,00	115,82	0,83
BR 26						
L0	0	349,42	79,65	-	-	-
	60	579,37	80,45	-	-	-
	120	404,72	80,85	-	-	-
	180	454,62	80,61	-	-	-
L30	0	2106,05	86,06	283,75	52,48	1,79
	60	3530,35	84,99	390,25	64,81	1,54
	120	3294,72	83,57	432,50	78,90	1,27
	180	4369,20	83,51	448,25	86,31	1,12
L60	0	2074,52	84,82	366,00	64,78	1,37
	60	3732,72	85,84	371,50	54,55	1,78
	120	3775,07	84,39	378,25	83,88	1,09
	180	4954,75	84,26	381,75	85,58	1,08
L90	0	4197,82	85,50	269,25	54,33	1,91
	60	5610,62	85,08	292,25	51,11	2,17
	120	6569,05	86,58	274,50	56,06	1,78
	180	6388,65	85,07	307,50	61,72	1,51

4.10 Lâmina econômica ótima

Sob a hipótese de que a lâmina de água possui um máximo e que a água é o único fator variável, foram obtidos os produtos físicos marginais (PFMa) para as doses de 60 e 120kg/ha de nitrogênio para a cultivar EMBRAPA 22 e para as doses 60 e 180kg/ha para a 'BR 26' (Tabela 11), derivando-se as equações obtidas do produto físico total (PFT). Nos demais níveis para ambas as cultivares, o modelo que melhor se ajustou foi a equação de primeiro grau cuja derivada primeira é uma constante, não permitindo uma estimativa econômica utilizando a função de resposta.

As equações do Produto físico total (PFT) obtidas, foram:

Para a 'EMBRAPA 22':

$$L/N60 \quad \hat{Y} = 403,354 + 29,24L - 0,029L^2 \quad R^2 = 0,9764, \quad (6)$$

$$L/N120 \quad \hat{Y} = 759,599 + 25,786L - 0,037L^2 \quad R^2 = 0,9513, \quad (7)$$

Para a 'BR 26':

$$L/N60 \quad \hat{Y} = 715,394 + 21,814L - 0,024L^2 \quad R^2 = 0,9142, \quad (8)$$

$$L/N180 \quad \hat{Y} = 507,323 + 34,381L - 0,052L^2 \quad R^2 = 0,9401, \quad (9)$$

onde: $\hat{Y}$ = estimativa de produção (kg/ha)

L = lâmina de irrigação (mm)

De uma maneira geral, o produto físico marginal da água (PFMa) diminuiu gradualmente com o aumento da lâmina de água aplicada até atingir

TABELA 11. Produtos físicos marginais da água em diferentes níveis de nitrogênio para diferentes lâminas totais de água para duas cultivares de trigo. UFLA, Lavras/MG, 1997.

Lâmina total de água (mm)	DOSES DE NITROGÊNIO (kg/ha)			
	EMBRAPA 22		BR 26	
	60	120	60	180
92,52	23,87	25,22	21,51	33,56
192,41	18,08	17,83	16,71	23,17
308,87	11,32	9,21	11,12	11,06
444,82	3,44	-0,85	4,60	-3,08

valores mais próximos a zero para a dose de 60kg/ha de N para ambas cultivares.

Os produtos físicos marginais, na maior lâmina (444,82mm), foram negativos nas doses de 120kg/ha para a 'EMBRAPA 22' e 180kg/ha para a 'BR 26', indicando que nesse caso seria antieconômico a utilização do fator água para valores de lâmina igual ou superior a 444,82mm.

Isso ocorre porque esse ponto está no estágio III de produção, no qual o aumento da lâmina de água aplicada causaria redução de produção. Resultados semelhantes com a utilização de maiores lâminas de irrigação foram observados por Frizzone et al. (1996), mas a lâmina utilizada nesse caso apresentava valor acima de 534mm. Como constatado por estes autores, neste estudo também observou-se que nas diferentes doses de nitrogênio para cada cultivar o PFMa decresceu a uma taxa constante, uma vez que as equações de PFMa, derivadas das equações quadráticas são de forma linear.

A produtividade física marginal da água, com doses de 60 e 120kg/ha de nitrogênio para a 'EMBRAPA 22' e 60 e 180kg/ha de nitrogênio para a 'BR 26' está representada nas Figuras 26a e 26b, respectivamente. Um decréscimo linear,

do PFMa da água em razão do aumento da lâmina de irrigação pode ser verificado nestas Figuras.

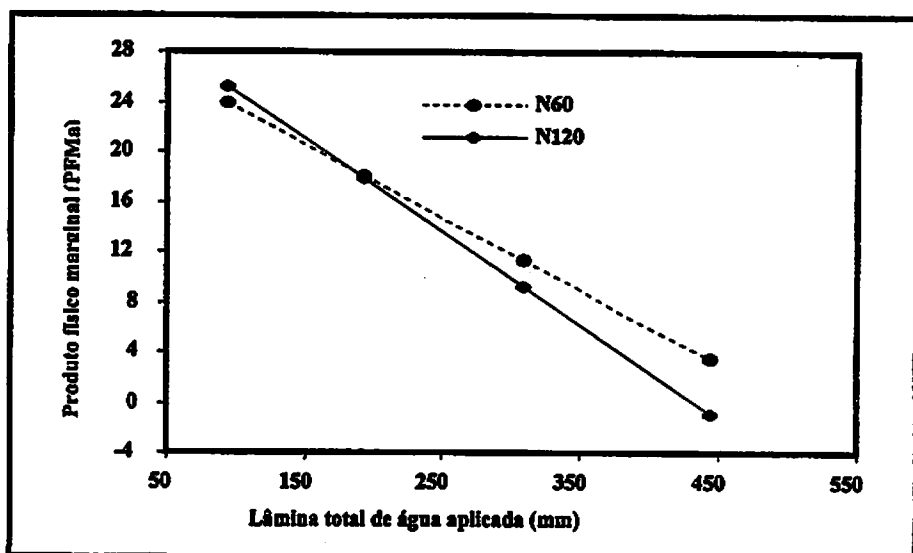
Quando o $PFMa=0$, a lâmina de irrigação nesse ponto corresponderá a máxima produção que pode ser obtida no experimento. O PFMa cruzou a linha do zero para as duas cultivares apenas quando se empregaram doses mais altas de nitrogênio. Constata-se que utilizando-se a dose de 60kg/ha de nitrogênio para ambas as cultivares, a produção máxima ($PFMa=0$) só será atingida em lâminas de irrigação acima da máxima utilizada no experimento, de 444,82mm.

Por outro lado, os valores de PFMa menores que zero observados para as duas cultivares nas doses de 120 e 180kg/ha de nitrogênio indicam que seria irracional a aplicação de lâmina maiores ou iguais a 444,82mm (Figuras 26a e 26b). Igualando-se a zero as equações derivadas para obtenção de PFMa, obteveram-se os resultados de produção máxima (Y) e lâmina total de água aplicada (L) para as duas cultivares.

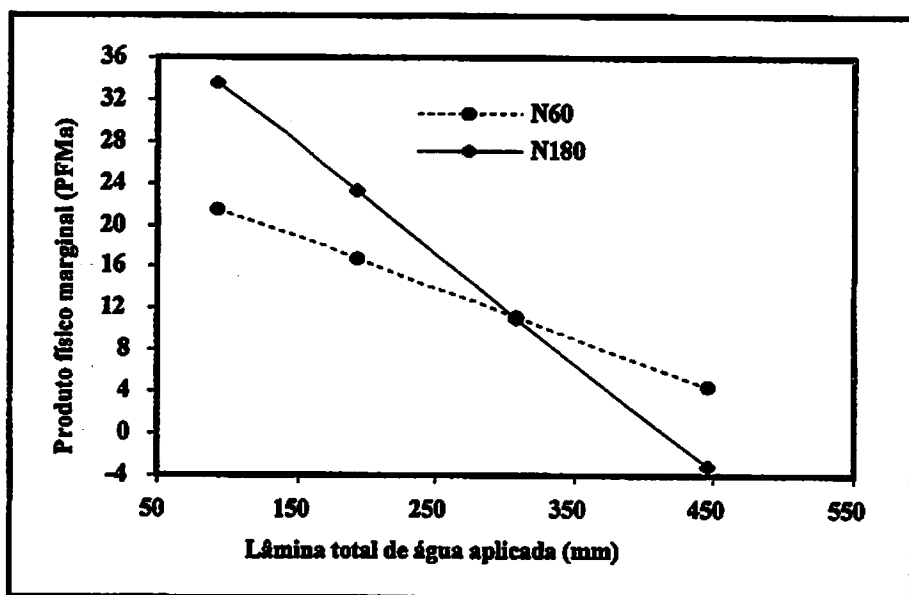
A 'EMBRAPA 22' na dose de 60kg/ha de nitrogênio produziria o máximo de 5458,12kg/ha com a aplicação de uma lâmina de 504,21mm. Já na dose de 120kg/ha a produção máxima para essa cultivar seria de 5274,55kg/ha com a aplicação de 433,38mm, lâmina essa inferior à máxima utilizada no experimento (Tabela 11). A cultivar BR 26 na dose de 60kg/ha de nitrogênio produziria o máximo de 5625,72kg/ha aplicando-se uma lâmina de 540,62mm.

Já na dose de 180kg/ha essa cultivar produziria o máximo de 6236,08kg/ha aplicando-se uma lâmina de 415,19mm, que é inferior à máxima utilizada no experimento (Tabela 11).

Verifica-se dessa forma que a produção máxima do experimento ocorreu com a aplicação de 415,19mm de água, 180kg/ha de nitrogênio e cultivar BR 26. Calheiros et al. (1996) verificaram que aumentos na dose de nitrogênio promoveram aumento na lâmina de irrigação requerida para a produção máxima, o que entretanto, não foi verificado nas condições deste estudo.



(a)



(b)

FIGURA 26. Produtividade física marginal da água (PFMa), com doses de 60 e 120kg/ha de nitrogênio para a cultivar EMBRAPA 22 (a) e com doses de 60 e 180kg/ha de N para a 'BR 26'(b). UFLA, Lavras/MG, 1997.

De acordo com Frizzone et al. (1986) o aumento na lâmina de água requerida só ocorre quando a dose de nitrogênio não é excessiva para a planta.

Nas Figuras 2A , 3A, 4A e 5A dos Anexos estão representados graficamente os modelos para o fator água em cada dose de nitrogênio e para cada cultivar utilizada, as curvas do produto físico total (PFT), produto físico marginal da água (PFMa) bem como a delimitação do estágio racional de produção no qual o PFMa é decrescente e maior que zero. Observa-se ainda nessas Figuras que para o período e nas condições em que os dados foram obtidos não ocorreu produção sem aplicação de água, sendo necessário uma lâmina superior a 92,52mm para haver produção. Comportamento semelhante foi verificado por Calheiros et al. (1996).

Na análise econômica a produção deve ocorrer no estágio II, ou estágio racional de produção, que termina no ponto em que o produto físico total (PFT) é máximo e, conseqüentemente, o PFMa e a elasticidade de produção são iguais a zero. Esse estágio varia entre a igualdade do PFMa e PFMe até o ponto em que o PFMa é igual a zero.

Para obtenção da produtividade economicamente ótima (Y^*) e da lâmina economicamente ótima (L^*) estabeleceram-se várias relações de preços entre fator variável e produto (P_L/P_Y), nas diferentes doses de nitrogênio para as duas cultivares (Tabelas 12 e 13). Verificou-se uma redução de L^* à medida que se aumentou a relação entre o preço do fator e o preço do produto (P_L/P_Y).

Os valores de produtividade econômica ótima (Y^*) para a 'EMBRAPA 22' em função da lâmina de água ótima econômica encontram-se próximos nas duas doses de nitrogênio estudadas, embora haja uma variação na faixa da lâmina total de água aplicada para cada uma delas. Isso indica que diante de uma expectativa de produção deve-se considerar o preço da lâmina de água e o preço de comercialização do trigo (Tabela 12).

TABELA 12. Relação preço da água/preço do quilo do trigo, lâminas econômicas ótimas (L^*), produtividade econômica ótima (Y^*) para cultivar EMBRAPA 22. UFLA, Lavras/MG, 1997.

Relação de preço (P_L/P_Y)	N=60 kg/ha		N=120 kg/ha	
	$L^*(mm)$	$Y^* (kg/ha)$	$L^*(mm)$	$Y^* (kg/ha)$
0	504,21	5458,12	433,38	5274,55
0,50:1	495,59	5457,14	426,62	5271,81
1,00:1	486,97	5451,84	419,86	5265,71
1,50:1	478,35	5442,20	413,11	5256,24
2,00:1	469,73	5428,24	406,35	5243,41
2,50:1	461,11	5409,94	399,59	5227,22
3,00:1	452,49	5387,31	392,84	5207,67
3,50:1	443,86	5360,35	386,08	5184,76
4,00:1	435,24	5329,06	379,32	5158,48
4,50:1	426,62	5293,44	372,57	5128,85
5,00:1	418,00	5253,49	365,81	5095,85
5,50:1	409,38	5209,21	359,05	5059,49
6,00:1	400,76	5160,60	352,30	5019,77
6,50:1	392,14	5107,65	345,54	4976,68
7,00:1	383,52	5050,38	338,78	4930,24
7,50:1	374,90	4988,78	332,03	4880,43
8,00:1	366,28	4922,84	325,27	4827,26
8,50:1	357,66	4852,57	318,51	4770,73
9,00:1	349,04	4777,98	311,76	4710,84
9,50:1	340,42	4699,05	305,00	4647,58
10,00:1	331,80	4615,79	298,24	4580,97

TABELA 13. Relação preço da água/preço do quilo do trigo, lâminas econômicas ótimas de água (L*), produtividade econômica ótima (Y*) para a cultivar BR 26. UFLA, Lavras/MG, 1997.

Relação de preço (P _L /P _y)	N=60 kg/ha		N=180 kg/ha	
	L* (mm)	Y* kg/ha	L* (mm)	Y* kg/ha
0	540,63	5625,72	415,19	6236,08
0,50:1	530,21	5625,65	410,38	6233,19
1,00:1	519,79	5620,31	405,58	6227,92
1,50:1	509,38	5609,72	400,77	6220,27
2,00:1	498,96	5593,87	395,96	6210,23
2,50:1	488,54	5572,76	391,15	6197,80
3,00:1	478,13	5546,40	386,35	6182,99
3,50:1	467,71	5514,78	381,54	6165,80
4,00:1	457,29	5477,90	376,73	6146,22
4,50:1	446,88	5435,77	371,92	6124,26
5,00:1	436,46	5388,38	367,12	6099,92
5,50:1	426,04	5335,73	362,31	6073,19
6,00:1	415,63	5277,82	357,50	6044,07
6,50:1	405,21	5214,66	352,69	6012,57
7,00:1	394,79	5146,24	347,88	5978,69
7,50:1	384,38	5072,57	343,08	5942,42
8,00:1	373,96	4993,63	338,27	5903,77
8,50:1	363,54	4909,44	333,46	5862,74
9,00:1	353,13	4819,99	328,65	5819,31
9,50:1	342,71	4725,29	323,85	5773,51
10,00:1	332,29	4625,33	319,04	5725,32

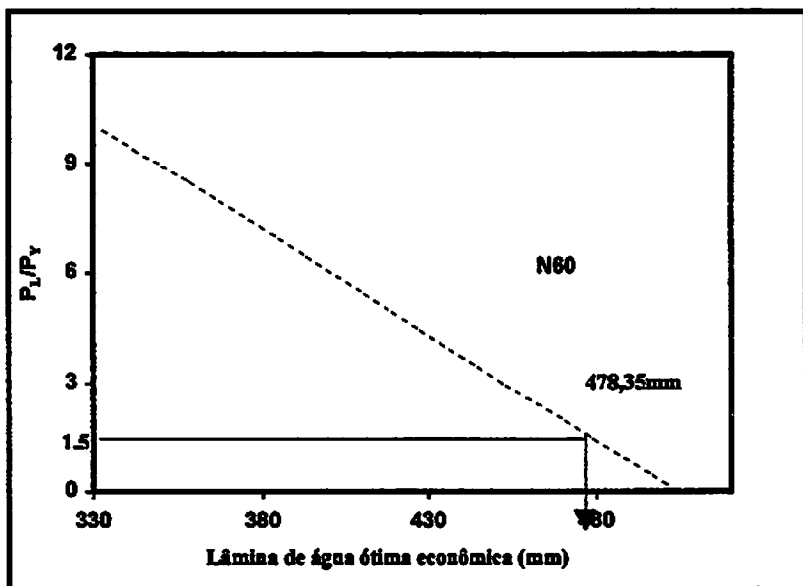
A cultivar BR 26 apresentou valores de produtividade econômica ótima Y^* bastante distanciados entre as doses de 60 e 180kg/ha de nitrogênio (Tabela 13), indicando aproximadamente 1000kg a mais na produtividade dessa cultivar em N180 e com aplicação de menores lâminas totais de água (cerca de 400mm).

A lâmina ótima econômica (L^*) para alcançar-se a produtividade economicamente ótima (Y^*) dependerá da relação entre preço do fator variável (lâmina de água) e preço do produto (P_L/P_Y) em vigor para um dado período. Considerando-se uma dada relação entre preço do fator e preço do produto de 1,5:1 para as duas cultivares nas diferentes doses de nitrogênio estudadas, verificou-se que a lâmina ótima econômica (L^*) a ser aplicada para a cultivar EMBRAPA 22 na dose de 60kg/ha de N foi superior a que deverá ser aplicada na dose de 120kg/ha de N (Figuras 27a e 27b). O mesmo comportamento foi observado para a cultivar BR 26 (Figura 28a e 28b).

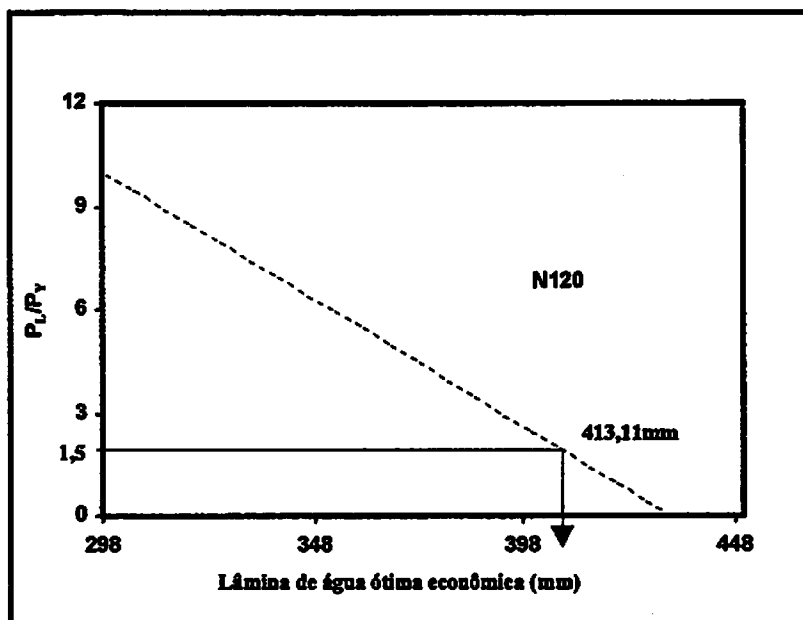
As margens de lucro obtidas para produtividade máxima do experimento (Y), para a produtividade economicamente ótima (Y^*) e as correspondentes lâminas máximas (L) e lâmina ótima econômica (L^*) para uma dada relação de preços (1,5:1) estão apresentados na Tabela 14.

Verifica-se que para a cultivar EMBRAPA 22 na dose de 60kg/ha de N, aplicando-se a lâmina ótima econômica (L^*) de 478,35, obter-se-á uma margem de lucro de R\$ 999,36. Já para a mesma cultivar na dose de 120kg/ha de N, aplicando-se uma L^* de 413,11, obter-se-á uma margem de lucro de R\$ 979,88.

Para a cultivar BR 26, na dose de 60kg/ha de N, aplicando-se uma L^* de 509,38mm, a margem de lucro será de R\$ 1025,23. Já para a mesma cultivar na dose de 180kg/ha de N, aplicando-se uma L^* de 400,77mm, obter-se-á uma margem de lucro de R\$ 1186,03. Constata-se que a diferença na margem de lucro para obtenção da produtividade máxima do experimento (Y) e para a produtividade economicamente ótima (Y^*) para uma dada relação entre preço do fator e preço do produto (1,5:1) foi pequena.

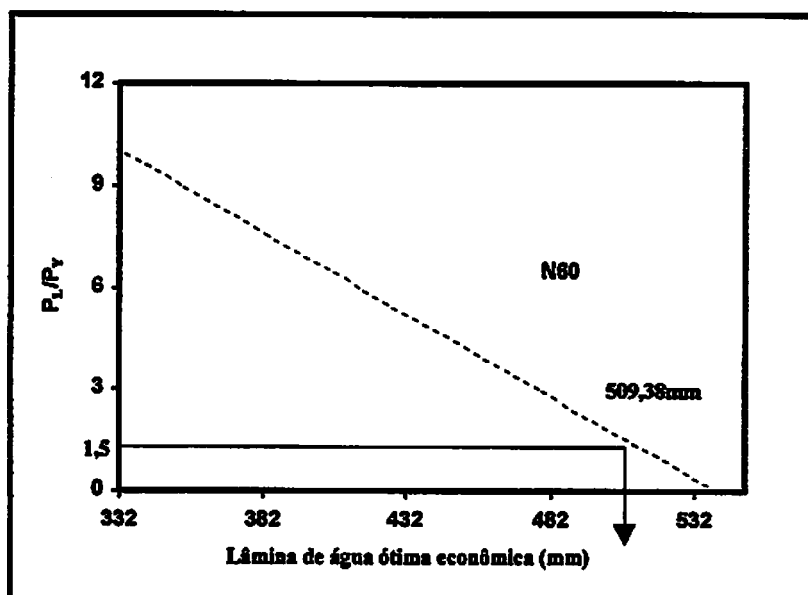


(a)

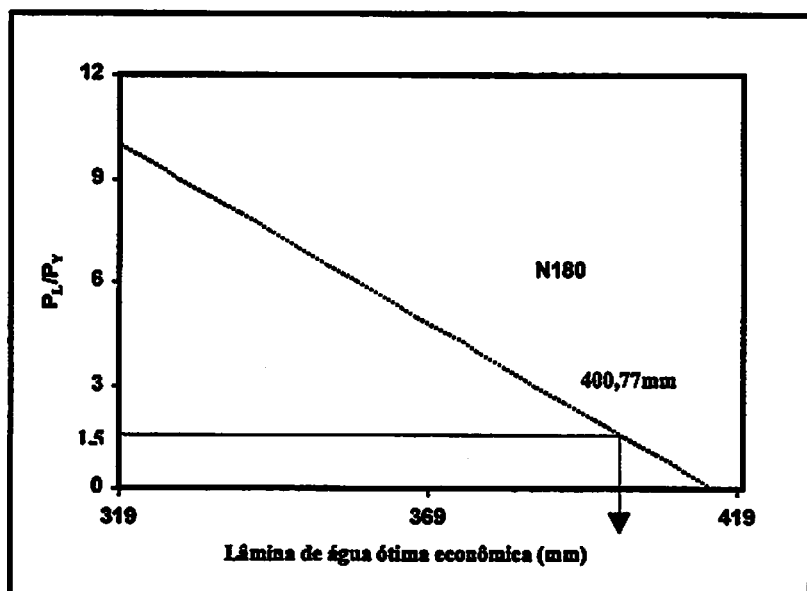


(b)

FIGURA 27. Lâmina ótima econômica (L^*) para uma dada relação de preço para a cultivar EMBRAPA 22 nas doses de 60kg/ha (a) e 120kg/ha (b) de nitrogênio. UFLA, Lavras/MG, 1997.



(a)



(b)

FIGURA 28. Lâmina ótima econômica (L^*) para uma da relação de preço para a cultivar BR 26 nas doses de 60kg/ha (a) e 180kg/ha (b) de nitrogênio. UFLA, Lavras/MG, 1997.

TABELA 14. Comportamento econômico e técnico de duas cultivares de trigo em diferentes doses de nitrogênio para uma relação entre preço do fator e do produto de 1,5:1. UFLA, Lavras/MG, 1997.⁽¹⁾

CULTI- VAR	Dose N (kg/ha)	L (mm)	Y (kg/ha)	Margem de Lucro		Margem de Lucro	
				π (R\$)	(L*) (mm)	(Y*) (kg/ha)	π (R\$)
EMBRA-	60	504,21	5458,12	994,94	478,35	5274,55	999,36
PA 22	120	433,38	5442,20	977,64	413,11	5256,24	979,88
	60	540,63	5625,72	1019,21	509,38	5609,72	1025,23
BR 26	180	415,19	6236,08	1185,02	400,77	6220,27	1186,03

⁽¹⁾ lâmina máxima aplicada (L), produção máxima obtida (Y), lâmina ótima econômica (L*), produtividade economicamente ótima (Y*) e margem de lucro obtida(π).

Porém, o produtor deve sempre analisar essa relação antes de qualquer tomada de decisão, pois as lâminas de água aplicadas para obtenção de Y* sempre são inferiores às utilizadas para obtenção de Y, como pode ser comprovado neste estudo.

De uma forma geral deve-se ponderar a decisão de acordo com a relação entre preços dos insumos e do produto. Porém, para a região onde foi desenvolvido este estudo, a produtividade atingida pode ser considerada alta, fator que aliado aos bons resultados obtidos para os componentes tecnológicos de qualidade industrial do grão e da farinha pode representar uma alternativa lucrativa para o produtor do estado de Minas Gerais.

A necessidade brasileira de importação de trigo é de mais de 7,1 milhões de toneladas anuais, correspondendo a aproximadamente 77% do consumo interno, com um custo superior a 850 milhões de dólares. De acordo com Franco (1999), esse volume de recursos que hoje vai para o exterior, referente a importação do trigo, poderia ser transferido para o produtor brasileiro, por meio

de incremento da área de cultivo, incluindo também a manutenção de tipos de trigo de melhor qualidade, indicados para a fabricação de bolos, bolachas, biscoitos.

Na Argentina, de onde o Brasil importa grandes volumes de trigo, o rendimento médio é de aproximadamente 2000kg/ha, nível superado por grande parte dos tricultores brasileiros que utilizam integralmente a tecnologia disponível. A situação não é diferente em relação aos Estados Unidos, Austrália e Canadá que estão entre os principais exportadores.

Portanto, o Brasil deve refletir sobre um modelo de tricultura que viabiliza economicamente a atividade. Optando-se por um modelo de alta produtividade, é possível reduzir o custo da tonelada produzida por meio de alto rendimento e escala de produção. Esses altos rendimentos podem ser obtidos mediante um manejo adequado de irrigação juntamente com a alocação racional no uso de fertilizantes e outros insumos, em áreas irrigadas onde o cultivo do trigo na época de inverno pode tornar-se um investimento rentável.

Porém, só o aumento da produtividade não basta, uma vez que entre os países exportadores, especialmente na Austrália, os padrões de qualidade são rigorosos. Portanto, o Brasil deve-se preparar-se para entrar neste mercado competitivo mediante uma política que busque a gestão de custos e a qualidade.

5 CONCLUSÕES

Considerando-se os resultados obtidos, concluiu-se que:

- Existe uma interação entre a quantidade de água aplicada de irrigação, a dose de aplicação de nitrogênio e a cultivar utilizada sobre a produtividade, número de grãos/espiga e sobre várias características da qualidade industrial do trigo .
- As cultivares estudadas apresentaram comportamento diferenciado para alguns componentes de qualidade industrial quanto à aplicação de lâminas de irrigação e doses de nitrogênio, o que alterou o enquadramento dessas cultivares nas diferentes classes de utilização.
- As maiores produtividades foram obtidas utilizando-se lâminas mais altas de irrigação e doses de nitrogênio igual ou superiores a 120kg/ha.
- A irrigação influenciou mais a produtividade das duas cultivares estudadas do que o nitrogênio.
- A cultivar BR 26, mais indicada para cultivo de sequeiro e irrigado, apresentou um comportamento superior ao da cultivar EMBRAPA 22, indicada para o cultivo irrigado, quanto à produtividade e alguns componentes de qualidade de grão e farinha.
- A força geral do glúten (W) decresce com o aumento da quantidade de água aplicada em doses de nitrogênio acima de 120kg/ha.

- Existe uma relação positiva entre o teor de proteína do grão e da farinha e a força geral do glúten.
- A resistência da massa durante o processo de mistura (EST), decresce com o aumento da quantidade de água aplicada para a cultivar EMBRAPA 22.
- A maior margem de lucro para o produtor pode ser obtida com o uso da cultivar BR 26, aplicação total de água na faixa de 400mm e dose de 180kg/ha de nitrogênio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AACC. AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved methods of AACC.** 9. ed. St. Paul, 1995.

AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC.** 16. ed. 3. Revisão. Gaithersburg, 1997.

ABD.EL.GAWAD, A.A.; NOURELDIN, N.A.; ASHOUB, M.A.; KASHABAH, M.A. Studies on consumptive use and irrigation scheduling in relation to nitrogen fertilization on wheat. II. Response of wheat yield and its attributes. *Annals of Agricultural Science, Cairo*, v. 38, n.1, p.173-181, 1993.

ABO SHETALA, A.M.; ABD.EL.GAWAD, A.A. Effect of winter with holding irrigation period and N-fertilization on yield of two wheat cultivars. *Annals of Agricultural Science, Cairo*, v. 40, n. 1, p. 177-193, 1995a.

ABO SHETALA, A.M.; ABD.EL.GAWAD, A.A. Growth, yield and yield attributes of wheat in relation to N fertilization and withholding na irrigation at different stages oof growth. *Annals of Agricultural Science, Cairo*, v. 40, n. 1, p. 195-211, 1995b.

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

AGRIANUAL **Trigo: Mercado & perspectivas**, p.533, 2000.

ASHOK, K.; SHARMA, D.K.; SHARMA, H.C.; KUNAR, A. Nitrogen uptake, recovery and N-use efficiency in wheat (*Triticum aestivum*) as influenced by nitrogen an irrigation levels in semi-reclaimed sodic soil. *Indian Journal of Agronomy*, New Delhi, v. 40, n. 2, p.198-203, 1995.

AXFORD, D.W.E.; McDERMOTT, E.E.; REDMAN, D.G. Small-scale tests of bread-making quality. *Milling Feed and Fertilizer, Hents*, v. 161, p. 18-20, 1978.

- AZEVEDO, J.A. de** Níveis de tensão de água no solo e suspensão da irrigação em três períodos de crescimento do trigo (*Triticum aestivum* L.) irrigado em solo de cerrado: efeito sobre a produtividade, componentes da produção, desenvolvimento e uso da água. Piracicaba: ESALQ, 1988, 157 p. (Tese - Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).
- AZEVEDO, J. A.; OLITTA, A. F. L.; SILVA, E. M.; GUERRA, A. F.** Níveis de tensão de água no solo e suspensão da irrigação em três períodos de crescimento do trigo (*Triticum aestivum* L.) irrigado em solo de cerrado: efeito sobre a produtividade, componentes de produção, desenvolvimento e uso de água. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 9., 1991, Natal, RN. Anais... Fortaleza: Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem, 1992, t.1, p. 83-130.
- BAKSHI, A.K.; SAXENA, A.K.; SHARMA, A.K.; NANDA, G.S.** Influence of date of sowing, irrigation and nitrogen fertilizer application on wheat protein. *Journal of Research, Punjab Agricultural University*, v. 29, n. 1, p. 10-16, 1992.
- BÄR, W. H.** Avaliação tecnológica de variedades comerciais de trigo do Brasil. *Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos, Campinas*, v. 16, n. 3, p. 307-323, 1979.
- BENINCASA, M. M. P.** Análise de crescimento de plantas (noções básicas), Jaboticabal: FUNEP, 1988. 41p.
- BEQUETE, R.K.** Influence of variety and "environment" on wheat quality. *Association of Operative Millers - Bulletin*, p. 5443-5450, 1989.
- BHANS, S.** It pays to irrigate wheat the scientific way. *Indian Farming*, New Delhi, v. 27, n.3, p. 13-18, 1977.
- BLACKMAN, J. A.; GIL, A. A.** A comparison of small-scale tests for bread-making quality used in wheat breeding. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, v. 95, n.1, p. 29-34, 1980.
- BLAKENEY, A. B.; ALMGREN, G.; JACOB, E. H.** Analysis of first break milling of hard and soft wheats. *Milling Feed and Fertilizer*, London, v. 162, n. 9, p. 22-28, 1979.

- BOSH, D. J.; EIDMAN, V. R. ; OGSTHUIZEN, K. A. Review of methods for evaluating the economic efficiency of irrigation. *Agriculture water*, v. 12, n.2, p. 2331-2345, 1987.
- BOX, G. E. P. The exploration and exploitation of response surfaces some general considerations and examples. *Biometrics*, Washington, v. 10, p. 16-6-, 1954.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E REFORMA AGRÁRIA. *Normais Climatológicas 1961-1990*. Brasília, 1992.84p.
- BRITO, R.A.L. Irrigação plena e suplementar nos cerrados centro - oeste de Minas Gerais. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 8., 1988. Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: ABID/CIC, 1988.p.139-160.
- BRUNINI, O.; ALFONSI, R.R.; CAMARGO, M.B.P. Efeito de elementos climáticos no desenvolvimento da cultura do milho. In: SEMINÁRIO SOBRE PRODUTIVIDADE DO MILHO, 1983, Londrina. *Anais...* Londrina: IAPAR, 1983, p.21-40.
- BURIRO, U.A.; ARAIN, M.R.; KUMBHAR, A.M.; JAMRO, G.H. Effect of different irrigation frequencies on the yield and yield components of wheat cultivars. *Sarhad Journal of Agriculture*, v.6, n.3, p. 209-211, 1990.
- CALHEIROS, C. B. M.; QUEIROZ, J. E.; FRIZZONE, J. A.; PESSOA, P. C. S. Estratégias ótimas de irrigação do feijoeiro: água como fator limitante para a produção. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 31, n.7, p. 509-515, jul. 1996.
- CALHEIROS, R. O. Irrigação por corrugação em trigo (*Triticum aestivum* L.) sob diferentes doses de adubação nitrogenada. Piracicaba, ESALQ, 1984. 110p. (Tese de mestrado).
- CAMPOS, H. de Aspectos da aplicação das superfícies de resposta à ensaios fatoriais 3³ de adubação. Piracicaba, ESALQ/USP, 1967. 82 p. (Tese de Livre-Docência).
- CARVALHO, F. M. de. A estratégia dos produtores de café com relação ao uso econômico de nitrogênio e potássio, município de Lavras-MG. Lavras: UFLA, 1992, 67p. (Dissertação – Mestrado em Administração Rural).

- CHEN, J.; D'APPOLONIA, B.L. Alveograph studies on hard red spring wheat flour. *Cereal Foods World*, St. Paul, v. 30, n. 12, p.862-867, Dec. 1985.
- CHOUDHURY, P. N.; KUMAR, V. The sensitivity of growth and yield of dwarf wheat to water stress at three growth stages. *Irrigation Science*, Heidelberg, v.1, p.223-231, 1980.
- CIOBANU, G; HERA, C.; ZAPATA, F.; AXMAN, H. Possibilities of increasing N use efficiency in winter and spring wheat. *Analele Institutului de Cercetari pentru Cereale si Plante Tehnice*, Fundelea, v. 62, p 121-137, 1995. (CAB Abstracts 1/96-10/96).
- CISLAK, V.; HELDL, A. Economic aspects of winter irrigation in the new economic conditions of 1991. *Pedologie a Meliorace*, Prague, v. 28, n. 1, p. 71-80, 1992.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. *Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais; 4º aproximação*. Lavras, 1989. 176p.
- DAY, A. D.; INTALAP, S. Some effects of soil moisture on the growth of wheat (*Triticum aestivum* L. Em Thell). *Agronomy Journal*, Madison, v. 62, p. 27-29, 1970.
- DAWOOD, R.A.; KHEIRALLA, K. A. Effect of watering regimes and nitrogen fertilization on the productivity and quality of bread and durum wheat cultivars. *Assiut Journal of Agricultural Sciences*, Egypt, v. 25, n.1, p.361-389, 1994.
- D'EGÍDIO, M. G.; MARIANI, B. M.; NARDI, S.; NOVARO, P.; CUBBADA, R. Chemical and technological variables and their relationships: a predictive equation for pasta cooking quality. *Cereal Chemistry*, Saint Paul, v. 67, n.3, p. 275-281, 1990.
- DEXTER, J. E.; MATSUO, R. R.; PRESTON, K. R.; KILBORN, R. H. Comparison of gluten strength, mixing properties, baking quality of some Canadian durum and common wheats. *Canadian Institute of Food Science and Tecnology Journal*, Ottawa, v. 14, n. 2, p. 108-111, 1981.

x P. 111

DOORENBOS, J. Efeito da água no rendimento das culturas. Tradução de H.R. Gheyi, A.A. de Souza, F.A.V. Damasceno, J.F. de Medeiros. Campina Grande:UFPB, 1994. 306 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33).

ECKERT, J.B.; CHAUDHRY, N.M.; QUERESHI, S.A. Water and nutriente response of semi-dwarf wheat under improved management in Pakistan: agronomic and economic implications. *Agronomy Journal*, Madison, v. 70, p. 77-80, 1978.

EL DEFRAWAY M. M.; KHEIRALLA, K. A., DAWOOD, R. A. Effect of genotype, moisture stress and stablity analyses on grain yield and somes quality traits in wheat. *Assiut Journal of Agricultural Sciences*. Egypt, v.25, n. 1, p. 341-360, 1994.

EL FAR IA; ALLAM, A.Y. Response of some wheat cultivars sowing methods and drought at different stages of growth. *Assiut Journal of Agricultural Sciences*, Egypt, v. 26, n. 1, p. 267-277, 1995.

EMBRAPA Recomendações da comissão centro-brasileira de pesquisa do trigo para os anos de 1995/96. In: REUNIÃO DA COMISSÃO CENTRO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO, 8, 1994, Planaltina: EMBRAPA -CPAC, 1996. 73 p. (Documento, 60).

ENGEL, R. E. Simulated growing-season precipitation and nitrogen effects on winter wheat yield. *Agronomy Journal*, Madison, v.83, p. 180-185, 1991.

ENGLISH, M. J. Déficit irrigation. I. Analitical framework. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, New York, v. 116, n. 3, p. 339-412, 1990.

EPAMIG Recomendações da Comissão Centro Brasileira de Pesquisa de Trigo para os anos de 1999/2000. Uberaba, MG, 1998. Belo Horizonte: EPAMIG, 1999. 73p. (Documento 33).

ESPINOÇA, W.; SILVA, E.M.; SOUZA, O.C. Irrigação de trigo em solo de cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 15, n.1, p. 107-115, 1980.

- FARIA, R.T. de** Estudo da lâmina de irrigação na cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.), utilizando o sistema de aspersão em linha. Piracicaba, ESALQ, 1981, 71 p. (Dissertação - Mestrado em Irrigação e Drenagem).
- FARIA, R. T. de; OLITTA, A.F.L.** Estudo da lâmina de irrigação na cultura do trigo (*Triticum aestivum*,L.),utilizando o sistema de “aspersão em linha”. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM,6.,Belo Horizonte,1982. Resumos...Belo Horizonte, p.35.1982.
- FILGUEIRA, H.J.A.; GUERRA, A.F.; RAMOS, M.M.** Parâmetros de manejo de irrigação e adubação nitrogenada para o cultivo de cevada cervejeira no cerrado. Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília, v.31, n.1, p. 63-70, 1996.
- FINNEY, K.F.; YAMAZAKI, W.T.; YOUNGS, Y.L.; RUBENTHALER, G.L.** Quality of hard, soft and durum wheats. In: HEYNE, E.G. (ed.) *Wheat and wheat improvement*. 2 ed. Madison: American Society of Agronomy - Crop Science Society of America - Soil Science Society of America, 1987. p. 677-748. (ASA Agronomy, 13).
- FRANCO, F. de A.** Trigo: novas variedades. Correio Agrícola – Bayer, São Paulo, n. 1, p. 22-29, jan/jun. 1999.
- FRIZZONE, J.A.** Funções de resposta das culturas a irrigação. Piracicaba, ESALQ/USP, 1993. 42 p. (Série didática,6).
- FRIZZONE, J.A.** Funções de resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) ao uso de nitrogênio e lâmina de irrigação. Piracicaba: ESALQ, 1986. 133 p. (Tese - Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).
- FRIZZONE, J.A.** Funções de resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) ao uso de nitrogênio e lâmina de irrigação. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DE ÁGUA NA AGRICULTURA, 1987, Campinas. Anais... Campinas: Fundação Cargill, 1987, p. 123-133.
- FRIZZONE, J.A.; LANINI, J.R.; PEREIRA, G.T.; RETTORE, P.R.** Efeito da freqüência e da lâmina de irrigação na produção do trigo (*Triticum aestivum* L.). Ciência e Prática, Lavras, v.9, n. 2, p.198-207, jul./dez. 1985.

- FRIZZONE, J.A.; MÉLLO JÚNIOR; FOLEGATTI, M.V.; BOTREL, T.A. Efeito de diferentes níveis de irrigação e adubação nitrogenada sobre componentes de produtividade da cultura do trigo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 31, n. 6, p. 425-434, 1996.
- GAJRI, P.R.; PRIHAR, S.S.; ARORA, V.K. Interdependence of nitrogen and irrigation effects on growth and inputs - use efficiencies in wheat. *Field Crops Research*, Arora, v.31, n. 1-2, p. 71-86, 1993.
- GASSER, J.K.R.; THORBURN, M.A.P. The growth, composition and nutrient uptake of spring wheat - Effects of fertilizer - N, irrigation and ccc on dry matter and N, P, K, Ca; Ma and Na. *Journal of Agricultural Science*, Cambridge, v.78, p.393-404, 1972.
- GERMANI, R. et al. *Curso de controle de qualidade tecnológica do grão e da farinha de trigo*. Rio de Janeiro : CTAA/EMBRAPA, 1997, 60p.
- GERMANI, R.; BENASSI, V. T.; CARVALHO, J. L.V. de *Metodologia de avaliação da qualidade tecnológica do grão e da farinha de trigo*. Rio de Janeiro: CTAA/EMBRAPA, 1997, 43p.
- GERMANI, R. *Panificação experimental*. Rio de Janeiro: EMBRAPA – Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, 1997. Comunicação pessoal.
- GONÇALVES, R. A. *Preservação da qualidade tecnológica de trigo (*Triticum aestivum* L.) e controle de *Rhizopertha dominica* (F.) durante o armazenamento em atmosfera controlada com CO₂ e N₂*. Lavras: UFLA, 1997. (Dissertação – Mestrado em Ciências dos Alimentos).
- GOTTSCHALD, S. K. B. *Caracterização da qualidade de novos genótipos de trigo obtidos do cruzamento de um cultivar de trigo comum (*T. aestivum* L.) com uma linhagem de trigo duro (*T. durum* L.)*. Campinas: UNICAMP, 1996. (Dissertação – Mestrado em Tecnologia de Alimentos).
- GUARIENTI, E.M. *Qualidade industrial de trigo*. 2. ed. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1996. 36 p. (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 26).
- GUERRA, A. F. Manejo de irrigação do trigo para obtenção de máxima produtividade na região dos cerrados. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 30, n.4, p. 515- 521, 1995.

- GUERRA, A.F.; ANTONINI, J.C. dos Época de suspender as irrigações da cultura do trigo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 31, n. 11, p. 823-828, 1996.
- GUERRA, A. F.; SILVA, E. M. da. Efeito de diferentes níveis de umidade do solo sobre o desenvolvimento e produção do trigo em solos de cerrados. In: EMBRAPA - CPAC. *Relatório técnico anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1982-1985*. Planaltina, EMBRAPA-CPAC, 1987, p.221-223.
- GUERRA, A. F.; SILVA, E. M. da; AZEVEDO, J. A. de Manejo de irrigação do trigo com base na tensão da água em latossolos da região dos Cerrados. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 9, 1991, Natal, RN. *Anais...* Fortaleza: ABID, 1992. v. 1, t. 1, p. 493-510.
- GUERRA, A.F.; SILVA, E.M. da; AZEVEDO, J.D. de Tensão de água no solo: um critério viável para irrigação do trigo na região do cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 29, n.4, p. 631-636, 1994.
- GUSTA, L. V.; CHEN, T. H. H. The physiology of water and temperature stress. In: HEYNE, E. G. *Wheat and wheat improvement*. Madison: American Society of Agronomy, 1987. p. 115-150. (Series Agronomy, 13).
- HAGBERG, S. A rapid method for determining alpha-amylase. *Cereal Chemistry*, Saint Paul, v. 37, n. 2, p. 218-222, 1960.
- HALVERSON, J.; ZELENY, L. Criteria of wheat quality. In: Pomeranz, Y. *Wheat: Chemistry and tecnologia*. 3. ed. Saint Paul: AACC, 1988. v. 1, p. 15-45.
- HAXEM, R. W.; HEADY, E. O. *Water production functions for irrigated agriculture*. Iowa: The Iowa State University Press, 1978. 215p.
- HEADY, E. O.; PESEK, J. A fertilizer production surface with specification of economic optima for corn grown on calcareous ida silt loam. *Journal Farm Economics*, Ames, v. 36, p. 466-482, 1954.

HOFFMAN, R.; ENGLER, J. J. C.; SERRANO, O.; THAME, A.C.M.; NEVES, E.M. Teoria da produção. In: HOFFMAN, R.; ENGLER, J. J. C.; SERRANO, O.; THAME, A.C.M.; NEVES, E.M. *Administração da empresa agrícola*. 5ed. São Paulo: Pioneira, 1987. Cap. 4, p.71-116. (Biblioteca Pioneira de Ciências Sociais. Economia. Série Estudos Agrícolas).

HOSENEY, R. C.; WADE, P.; FINLEY, J.W. Soft wheat products. In: Pomeranz, Y. *Wheat: Chemistry and Tecnology*. 3.ed. Saint Paul:AACC, 1988. v. 2, p. 407-456.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Enciclopédia dos Municípios Brasileiros*. Minas Gerais. 1959. v.25,475p.

KATTERER, T. Nitrogen dynamics in soil and winter wheat subjected to daily fertilization and irrigation measurements and simulations, Rapport. *Institutionem for Ekologi och Miljovard*, Sveriges Lantbruk-suniversited., n. 81, 1995, 79 p.

KHALIFA, M.A. Effects of nitrogen on leaf area index, leaf area duration, net assimilation rate, and yoeld of wheat. *Agronomy Journal*, Madison, v.65, p.253-256, 1973.

KILBORN, R. H.; BLACK, H. C.; DEXTER, J. E.; MARTIN, D. G. Energy consupction during flour milling: Description of two measuring systems and the influence of wheat hardness on energy requirements. *Cereal Chemistry*, Saint Paul, v. 59, n. 4, p. 284-288, 1982.

KLAR, A.E.; DENADAI, I.A.M.; CATANEO, A. Respostas de cultivares de trigo com e sem irrigação. *Científica*, Jaboticabal, v. 18, n. 2, p. 15-26, 1990.

KOPPEN,W. "Roteiro para classificação climática." s.d.,ed.,1970.6p (não publicado,mimeografado).

KOSHTA, L. D.; TIWARI, B. P.; KURCHANIA, S. P. Effect of irrigation, fertility and split application of nitrogen on yield and quality of dwarf wheat (var. Lok-1). *Research and Developmsent Reporter*, New York, v. 10, n. 12, p. 86-91, 1993.

- KOSMOLAK, F. G. Grinding time: a screening test for kernel hardness in wheat. *Canadian Journal of Plant Science*, Ottawa, v. 58, n. 2, p. 415-420, 1978.
- KOSZANSKI, S; KARCZMARCZYK, S.; PODSIADLO, C. Response of winter wheat cultivated on a good rye complex soil to sprinther irrigation and nitrogen fertilizer application. I. Winter wheat yield. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczy. W. Szczecinie, Rolnictwo*, v. 59, p. 3-9, 1995.
- KOSZANSKI, S; KARCZMARCZYK, S.; PODSIADLO, C. ROY, M. Response of winter wheat cultivated on a good rye complex soil to sprinther irrigation and nitrogen fertilizer application. II. Chemical composition of the crop. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczy. W. Szczecinie, Rolnictwo*, v. 59, p. 11-15, 1995.
- KRAMER, P.J. Factors affecting the absorption of water. In: KRAMER, P.J. *Plant & soil water relationships: a modern synthesis*. New York: McGraw-Hill, 1969, p. 174-213.
- KRUGER, L. E.; REED, G. Enzymes and color. In: Pomeranz, Y. *Wheat: Chemistry and Tecnology*. 3. Ed. Saint Paul: AACC, 1988. v. 1, p. 441-500.
- KURKARNI, R. G.; PONTE, J. G. Jr.; KULP, K. Significance of gluten content as na index of flour quality. *Cereal Chemistry*, Saint Paul, v. 64, n. 1, p.1-3, 1987.
- LABOREM, E. G.; WAGNER, M.; REYES, F. Proline concentration as na indicator of water deficit in three citrus rootscks. *Fruits*, Paris, v. 46, n.3, p. 259-264, 1991.
- LATHWAL, O. P.; RATHORE, D. N.; TEJ SINGH; SINGH, T. Effect of nitrogen and irrigation levels on nitrogen use efficiency in wheat. *Haryana Agricultural University Journal of Research*, Haryana, v.22, n.2, p. 113-114, 1992.
- LATHWAL, O. P.; TEJ-SINGH; SINGH, T. Effect of irrigation and nitrogen levels on yield attributes and yield of wheat. *Haryana Journal of Agronomy*, Haryana, v.8, n.1, p. 69-70, 1992.

LEMOS, E. S. et al Caracterização físico-hídrica de um latossolo vermelho escuro. Lavras: UFLA, 1996, 34p. (Trabalho não publicado)

LIBARDI, P. L. Dinâmica da água no solo. 1995, 496p.

MACIEJEWSKI, T.; SOBIECH, S.; GRZES, S.; PELCZYNSKI, W. Influence of the method and date of nitrogen fertilizer application on the yield of winter wheat. Katedra Uprawy Roli i Roslin. Poland, v.79, p. 61-66, 1995. (CAB Abstracts 1/96-10/96, Record 27 of 143)

MacRITHIE, F. Physicochemical aspects of some problems in wheat research. *Advances in Cereal Science and Technology*, v. 3., p. 271-326, 1980.

MAGALHÃES, J.C.A.J. Calagem e adubação para o trigo na região de cerrado. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, n. 50, p. 23-28, fev. 1979.

MARQUELLI, W.A.; GIORDANO, L.B.; OLIVEIRA, C.A. da S.; GARRIJO O.A. Desenvolvimento, produção e qualidade de ervilha sob diferentes tensões de água no solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 26, n. 7, p. 1041-1047, 1991.

MATSUNAKA, T.; TAKEUCHI, H.; MIYAWAKI, T. Optimum irrigation period for grain production in spring wheat. *Soil Science and Plant Nutrition*, Tokyo, v. 38, n. 2. p. 269-279, 1992.

MELLO JUNIOR, A. V. Funções de resposta do trigo (*Triticum aestivum* L.) à níveis de irrigação e de nitrogênio. Botucatu: UNESP, 1992. 159p. (Dissertação – Mestrado em Irrigação e Drenagem).

MILLAR, A. A. Manejo racional da irrigação: uso de informações básicas sobre diferentes culturas. Brasília: IICA, 1984, 56p. (Miscelâneas, 461)

MISHRA, R.D.; SHARMA, K.C.; WRIGHT, B.C.; SINGH, V.P. Critical stages in irrigation requirements of wheat variety Lermarojo *Indian Journal of Agricultural Science*, New Delhi, v. 39, p. 898-904, 1969.

MOHAMEDALI, G.H. Effect of irrigation interval on bread wheat yield and yield components in northern Sudan. *Rachis*, Asniers, França, v. 9, n.2, p. 41-43, 1990.

- MOSS, H.J.; DERERA, N.F.; BALAAM, L.N. Effect of pre-harvest rain germination in the ear and alpha amylase activity of Australian wheat. *Australian Journal of Agriculture Research*, Sudão, v. 23, n. 5, p. 769-777, 1972.
- MOTA, F.S. da. Clima e zoneamento para a triticultura no Brasil. In: *Trigo no Brasil*. Campinas: Fundação Cargill, 1982, p. 27-62.
- MOURA, P.A. M. de; PIRES, E. T.; LIMA, M.L.P. Considerações econômicas e estatísticas sobre o trigo. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, n. 50, p. 3-8, fev. 1979.
- MYERS, R.H. *Response surface methodology*. Bost: Allyn and Bacon, 1971. 246p.
- OBUCHOWSKI, W.; BUSHEEK, W. Wheat hardness: Comparasion of methods of its evaluation. *Cereal Chemistry*, Saind Paul, v. 57, n. 6, p. 421-425, 1980.
- PALÁCIOS, E. V. Response functions of crops yield to soil moisture stress. *Water Resources Bulletin*, Minneapolis, v. 17, n.4, p.699-703, 1981.
- PATEL, R.M.; UPADHAYAY, P.N. Response of wheat (*Triticum aestivum*) to irrigation under varying levels of nitrogen and phosphorus. *Indian Journal of Agronomy*, New Delhi, v. 38, n. 1, p. 113-115, 1993.
- PEÑA, R. J.; AMAYA, A. C. Evaluacion rapida de la fuerza de glúten em trigos harineros, trigos cristalinos y triticales com la prueba de sedimentacion con dodecil sulfato de sodio. México: CIMMYT, 1985. Comunicação pessoal.
- PERI, G.; HART, W. E.; NORUN, D. I. Optimal irrigation depths a method of analysis. *Journal of the Irrigation and Drainage Division*, New York, v.105, n. IR4, p. 341-345, 1979.
- PERTEN, H. Application of the falling-number method for evaluation of alpha-amylase activity. *Cereal Chemistry*, Saint Paul, v. 41, n.3, p. 127-140, 1964.
- PHENE, C.J.; ALLEE, C.P.; PIERRO, J.D. Soil matric potential sensor measurements in real-time irrigation scheduling. *Agricultural Water Management*, Amsterdam, v. 16, n. 3, p. 173-185, 1989.

- PINTER JUNIOR, P.J.; ZIPOLI, G.; REGINATO, R.J.; JACSON, R.J.; IDSO, S.B.; HOHMAN, J.P. Canopy temperature as an indicator of differential water use and yield performance among wheat cultivars. *Agricultural Water Mangement*, Amsterdam, v. 18, n. 1, p. 35-48, 1990.
- PIROZI, M.R. Avaliação da qualidade tecnológica de variedades de trigo (*Triticum aestivum*) durante o armazenamento. Lavras, UFLA, 1995. 149p. (Dissertação - Mestrado em Ciências dos Alimentos).
- POMERANZ, Y. Composition and functionality of wheat flour components. In: Pomeranz, Y. *Wheat: Chemistry and Tecnology*. 3 ed. Saint Paul: AACC, v. 2, p. 219-370, 1988.
- POMERANZ, Y. Grain Quality. In: Pomeranz, Y. *Modern Cereal Science and Tecnology*. Weinheim: VCH Publishers, 1987, p. 72-150.
- POMERANZ, Y. *Wheat: chemistry and techonology* 3 ed. St. Paul: AACC, 1978, 821 p.
- PRATIBHA, G.; RAMAIAH, N.U. Effect of irrigation levels and wheat varieties on growth yield and nutrient harvest. *Madras Agricultural Journal*, Índia, Coimbatore, v. 82, n. 68, p. 466-468, 1995.
- PRUITT, W.O.; LAURENCE, F.G. Correlating climatological data with water management of crops. In: PRUITT, W.O.; LOURENCE, F.G. *Water Science and Engineering*. Davis: Departament of Water Science and Engineering, University. of California, 1968, v. 1, p.41-47.
- QUAGLIA, G. B. Other durum wheat products. In: FABRIANI, G., LINTAS, C. *Durum Wheat: Chemistry and Tecnology*. Saint Paul:AACC, 1988, p. 263-282.
- QUEIRÓZ, J. E.; CALHEIROS, C. B. M.; PESSOA, P. C. S.; FRIZZONE, J. A. Estratégias ótimas de irrigação do feijoeiro: terra como fator limitante da produção. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 31, n. 1, p. 55-61, jan. 1996.
- RAI, R.K.; SINHA, M.N. Limited water supply for late sown wheat under two NP fertility levels. *Annals of Agricultural Research*, v. 13, n. 4., p. 419-420, 1992.

- RAIJ, B. van.; CANTARELLA,H.; QUAGGIO,J.A.; FURLANI,A.M.C.,
Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. 2
ed. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC,1996.285p. (Boletim
técnico,100).
- REIS, R. P. Introdução à teoria econômica. Lavras: FAEPE/UFLA, 1999.
108p.
- REIS,W.P. Cultura do trigo.1994.32p. (apostila de aula).
- ROBINS, J.S.; DOMINGO, C.E. Moisture and nitrogen effects on irrigated
spring wheat. *Agronomy Journal*, Madison, v. 54, p. 135-138, 1962.
- ROSA, O. de S.; ROSA FILHO, O. Trigo brasileiro: acredite nessa idéia.
Correio Agrícola – Bayer, São Paulo, n.1, p. 8-12, jan./jun. 1998.
- ROY, S. K.; PRADHAN, A. C. Response of late sown wheat to irrigation and
nitrogen. *Crop Research Hisar, Índia*, v.7, n.2, p. 221-225, 1994.
- SAINI, H.S.; ASPINALL, D. Effect of water deficit on sporogenesis in wheat
(*Triticum aestivum* L.) *Annals of Botany*, London, v.48, p.623-644, 1981.
- SCHEEREN, P.L Instruções para utilização de descritores de trigo (*Triticum*
spp.) e tritcale (*Tritico secale sp.*), Passo Fundo: EMBRAPA – CNPT,
1984, 32p.
- SCHEEREN, P.L.; CARVALHO,F.I.F. de; FEDERREZZI, L.C. Respostas do
trigo aos estresses causados por baixa luminosidade e excesso de água no
solo. Parte II - Teste no campo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*,
Brasília, v.30, n. 5, p. 605-619, 1995.
- SHAHIN, M.M.; MOSA, E.M. Irrigation cycles in relation to yield and water
relation for wheat. *Annals of Agricultural Science*, Mostohor, v. 32, n.1,
p. 35-49, 1994.
- SHARMA, B.D.; JALOTA, S.K.; KAR, S.; SING, C.B. Effect of nitrogen and
water uptake on yield of wheat. *Fertilizer Research*, The Hague, v. 31, n.
1, p. 5-8, 1992.
- SHARMA, B.D.; KAR, S.; JALOTA, S.K. Effect of irrigation and nitrogen on
root growth and prediction of soil-water profiles in wheat (*Triticum*
aestivum). *Indian Journal of Agricultural Sciences*, New Delhi, v. 63,
n.1, p. 8-13, 1993.

- SHELLENBERGER, J.A.** Advances in milling technology. *Advances in Cereal Science and Technology*, v. 3, p. 227-270, 1980.
- SHIMSHI, D.; KAFKAFI, U.** The effect of supplemental irrigation and nitrogen fertilization on wheat (*Triticum aestivum* L.). *Irrigation Science*, Heidelberg, v. 1, p. 27-38, 1978.
- SILVA, A.R.** A cultura do trigo irrigada nos cerrados do Brasil Central. Brasília: EMBRAPA, 1976. 70p. (EMBRAPA. Circular Técnica, 5).
- SILVA, C.A.S. da; CALHEIROS, R. de O.; DAMASO, J.A.; LAZAROTTO, N.J.** Manejo da água de irrigação em trigo. Dourados, EMBRAPA: UEPAE, 1986. 13 p. (EMBRAPA:UEPAE. Comunicado Técnico, 25).
- SILVA, D.B. da; ANDRADE, J.M.V. de; GUERRA, A.F.; DA SILVA, D.B.; DE ANDRADE, J.M.V.** Informações gerais no crescimento do trigo irrigado na região central de crescimento do trigo no Brasil (Minas Gerais, o Distrito Federal e partes da Bahia, Goiás e Mato Grosso). Planaltina: EMBRAPA, 1993., 31 p. (EMBRAPA- CPAC. Circular Técnica, n. 29).
- SILVEIRA, P. M.** Efeito de diferentes níveis de nitrogênio e tensões de umidade no solo sobre a cultura do trigo. Viçosa, MG: UFV, 1976. 41p. (Dissertação – Mestrado em Agronomia).
- SIMON, J.** Winter and spring wheat production on light soils whit different water regimes, nitrogen fertilizer apliccation and soil treatment. *Rostlinna Vyroba*, Prague, v. 40, n. 1, p. 1-11, 1994.
- SINGH, G.; SINGH, P.W.; BHUSHAN, E.L S.** Water use and wheat yields in northern India under different irrigation regimes. *Agricultural Water Management*, Amsterdam, v. 3, p. 107-114, 1980.
- SINGH, P.N.; SINGH, G.; DEY, P.** Effect of supplemental irrigation and nitrogen applications to wheat on water use, yield and uptake of major nutrients. *Journal of the Indian Society of Soil Science*, New Delhi, v. 44, n. 2, p. 198-201, 1996.
- SINGH, K.P.; KUMAR, V.** Water use and water-use efficiency of wheat and barley in relation to seeding dates, levels of irrigation and nityrogen fertilization. *Agricultural Water Management*, Amsterdam, v. 3, p. 305-316, 1981.

- SOUZA, F. G.A.; TUBELIS, A. Determinação do período crítico de irrigação na cultura do trigo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 17, n.8, p. 1193-1198, 1982.
- SOWERS, K.E.; MILLER, B.C.; PAN, W.L. Optimizing yield and grain protein in soft white winter wheat with split nitrogen applications. *Agronomy Journal*, Madison, v. 86, p. 1020-1025, 1994.
- STENVERT, N. L. The measurement of wheat hardness and its effect on milling characteristics. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*, East Melbourne, v. 12, p. 141-149, 1972.
- SUHET, A. R.; PERES, J.R.R.; RITCHEY, K D. Adubação nitrogenada em solos de cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE CERRADO; SAVANAS: ALIMENTO E ENERGIA, 6, 1982, Brasília, D. F. Anais... Planaltina, D. F.: EMBRAPA-CPAC, 1988, p.79-95.
- SUTT, B.G.; DUBBELDE, E.A. Effects of water déficit on yield of wheat and tritcale *Austrian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*, East Melbourne, v. 20, p. 594-598, 1980.
- TEODORO, R.E.F. Irrigação e adubação nitrogenada na produção de forragem e grãos de aveia (*Avena sativa* L.). Botucatu: UNESP, 1991, 137 p. (Tese- Doutorado em Irrigação e Drenagem).
- THAKUR, B.S.; GUPTA, M.P. Interaction of irrigation and fertilizer levels on yield of wheat in Jawa Command area of M.P. *Bhartiya Krishi Anusandhan Patrika*, v. 7, n. 2, p. 107-112, 1992. (CAB Abstracts 1993-1994, Record 66 of 185).
- THIBAU, E.C. Considerações sobre o trigo irrigado, rotação arroz-trigo: resultados experimentais. *Boletim de Agricultura*, Belo Horizonte, v.1, n.1, p. 24-33, 1952.
- TOMAR, R.K.S.; RAGHU, I.S.; YADAV, L.N.; GHURAYYA, R.S. Response of wheat (*Triticum aestivum*) varieties to irrigations under different fertility levels. *Indian Journal of Agronomy*, New Delhi, v. 38, n. 2, p. 291-293, 1993.

- TOMAZINI, R.G.A.** Evolução histórica e aspectos econômicos. In: **FUNDAÇÃO CARGILL. Trigo no Brasil.** Campinas, 1982, p. 1-27.
- TOMÉ JR., J. B.** Manual para interpretação de análise de solo. Guaíba: Agropecuária, 1997. 274p.
- VAUX JÚNIOR, H. J.; PRUITT, W. O.** Crop-water production functions. **Advances in Irrigation**, New York, v. 2, p. 61-97, 1983.
- WILLIAMS, C. P.; JABY-EL-HARAMEIN, F.; ORTIZ-FERREIRA, G.; SRIVASTAVA, J. P.** Preliminary observations on the determination of wheat strength by near-infrared reflectance. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 65, n. 2, p. 109-114, 1988.
- YARON, D.** Estimation and use of water production functions in crop. **Journal of the irrigation and drainage division**, New York, v. 97, n. IR3, p. 291-303, 1971.
- ZELENY, L.** Criteria of wheat quality. In: **POMERANZ, Y. Wheat: chemistry and tecnologia.** 2. ed. St. Paul: AACC, 1971, p. 19-49.
- ZELENY, L.** Criteria of wheat quality. In: **POMERANZ, Y. Wheat: chemistry and tecnologia.** 3. ed. St. Paul: AACC, 1978, p. 19-45.
- ZONTA, E. P.; MACHADO, A. A.** Sanest: sistema para análise estatística em microcomputadores. Pelotas: Upel, 1991. 102p.

TOLENTIN, M. A. B. *Estudo de alguns aspectos da fisiologia da reprodução em ratos (Rattus norvegicus) e da influência da temperatura sobre a fecundidade.* 1963, p. 1-17.

TONG, P. B. *Estudo de alguns aspectos da fisiologia da reprodução em ratos (Rattus norvegicus) e da influência da temperatura sobre a fecundidade.* 1963, p. 1-17.

VALE, J. B. *Estudo de alguns aspectos da fisiologia da reprodução em ratos (Rattus norvegicus) e da influência da temperatura sobre a fecundidade.* 1963, p. 1-17.

WILLIAMS, C. B. *Estudo de alguns aspectos da fisiologia da reprodução em ratos (Rattus norvegicus) e da influência da temperatura sobre a fecundidade.* 1963, p. 1-17.

YARON, D. *Estudo de alguns aspectos da fisiologia da reprodução em ratos (Rattus norvegicus) e da influência da temperatura sobre a fecundidade.* 1963, p. 1-17.

ZELINSKY, L. *Estudo de alguns aspectos da fisiologia da reprodução em ratos (Rattus norvegicus) e da influência da temperatura sobre a fecundidade.* 1963, p. 1-17.

ANEXOS

ZELINSKY, L. *Estudo de alguns aspectos da fisiologia da reprodução em ratos (Rattus norvegicus) e da influência da temperatura sobre a fecundidade.* 1963, p. 1-17.

ZELINSKY, L. *Estudo de alguns aspectos da fisiologia da reprodução em ratos (Rattus norvegicus) e da influência da temperatura sobre a fecundidade.* 1963, p. 1-17.

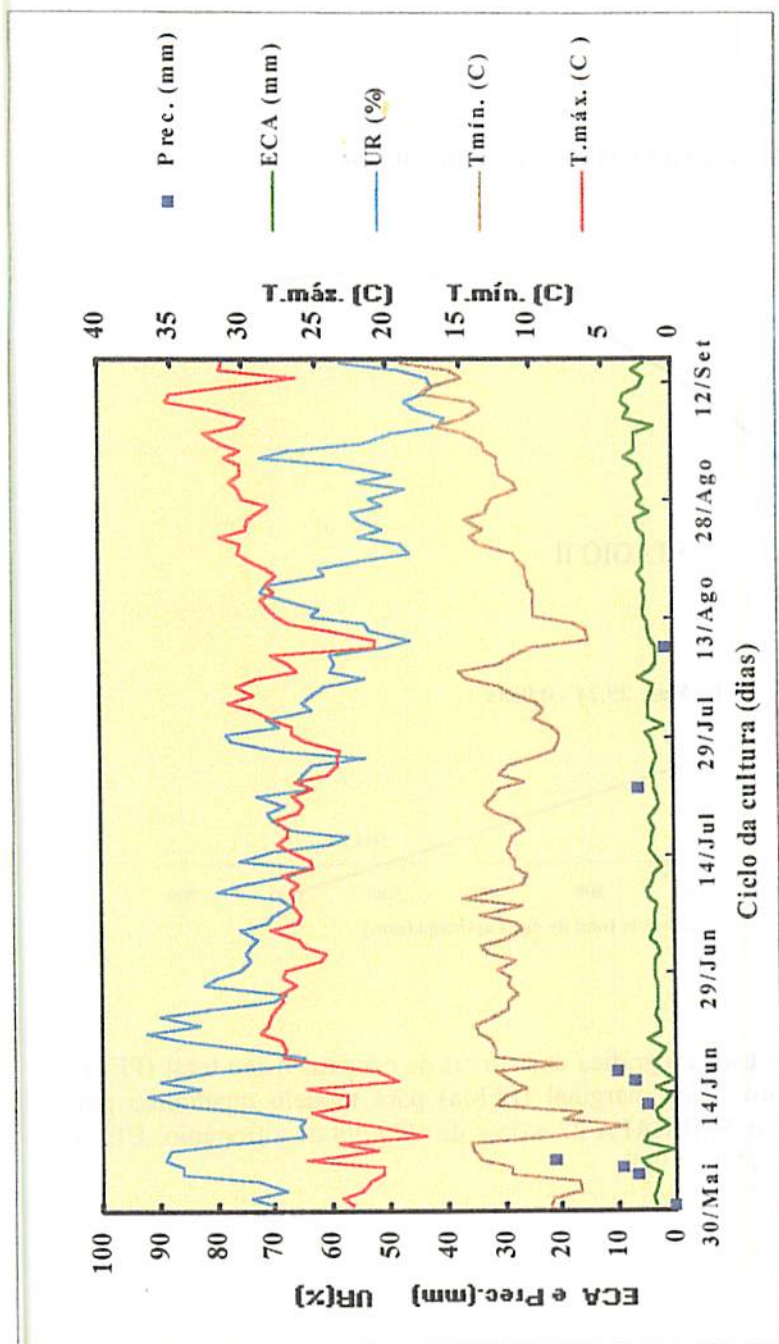


FIGURA 1A. Comportamento da precipitação (Prec), Umidade Relativa (UR%), Evaporação do tanque Classe A – ECA (mm), Temperatura máxima (Tmáx) e mínima (Tmín) durante o ciclo da cultura do trigo. UFLA, Lavras/MG, 1997.

$$PFT = -1879,65 + 29,24x - 0,029x^2 \quad R^2 = 0,9764$$

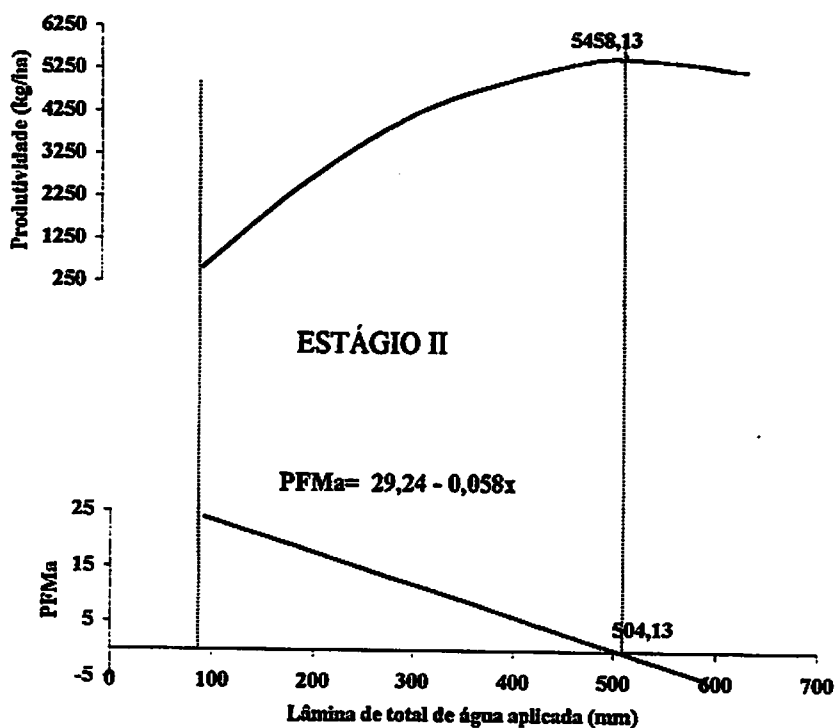


FIGURA 2A. Representação gráfica das curvas de produto físico total (PFT) e produto físico marginal (PFMa) para modelo quadrático para cultivar EMBRAPA 22 e dose de 60kg/ha de nitrogênio. UFLA, Lavras/MG, 1997.

$$PFT = -1708,52 + 32,07x - 0,037x^2 \quad R^2 = 0,9513$$

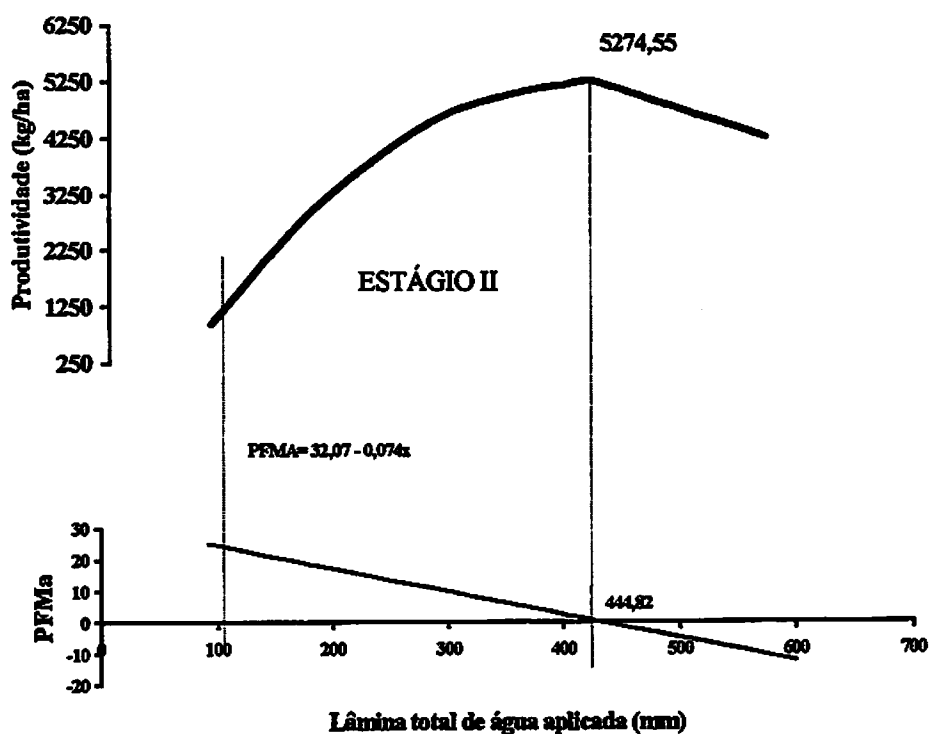


FIGURA 3A. Representação gráfica das curvas de produto físico total (PFT) e produto físico marginal (PFMa) para modelo quadrático para cultivar EMBRAPA 22 e dose de 120kg/ha de nitrogênio. UFLA, Lavras/MG, 1997.

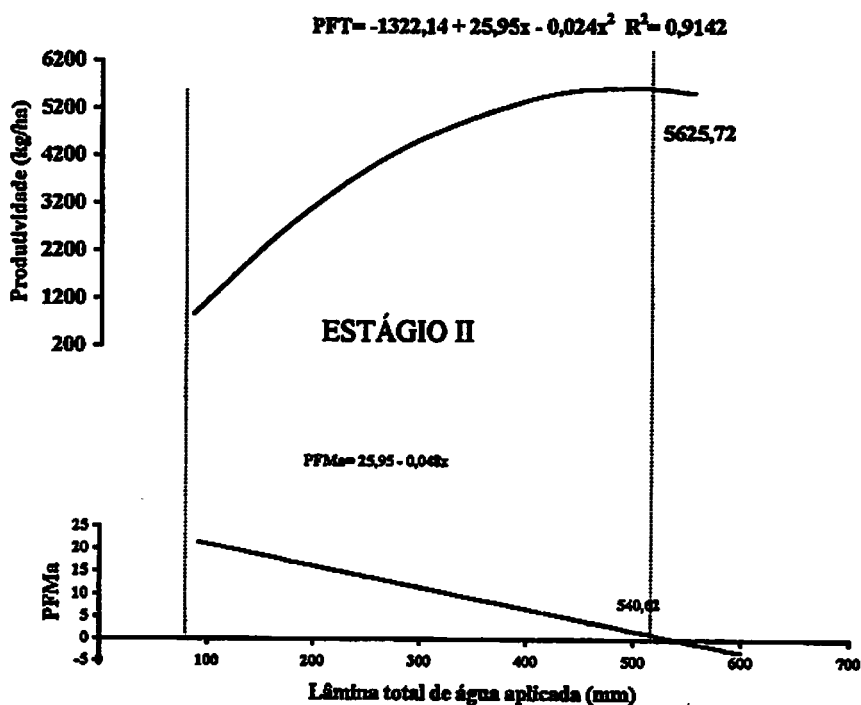


FIGURA 4A. Representação gráfica das curvas de produto físico total (PFT) e produto físico marginal (PFMa) para modelo quadrático para cultivar br 26 e dose de 60kg/ha de nitrogênio. UFLA, Lavras/MG, 1997.

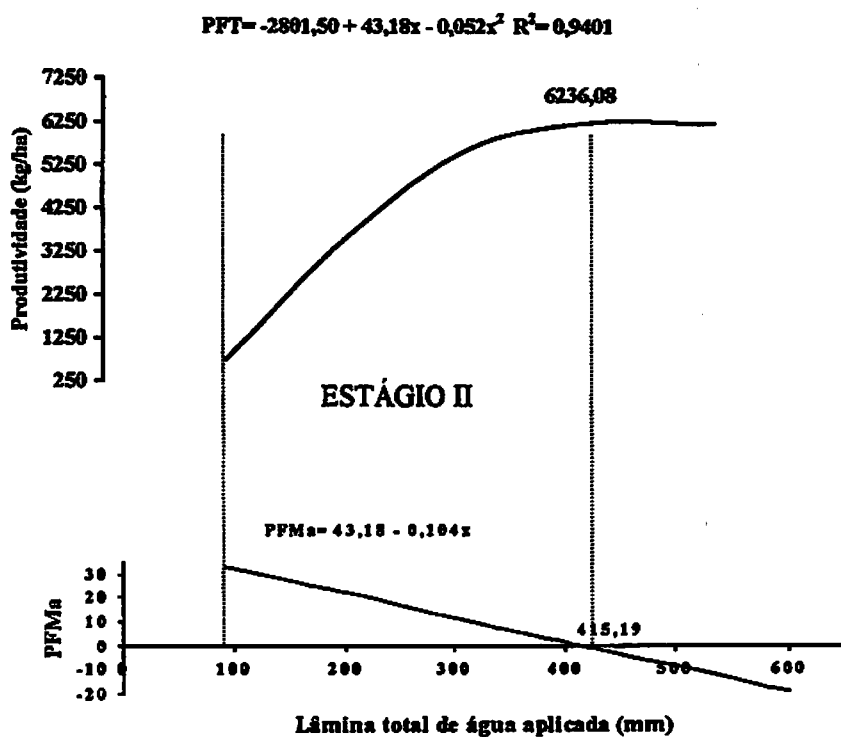


FIGURA 5A. Representação gráfica das curvas de produto físico total (PFT) e produto físico marginal (PFMa) para modelo quadrático para cultivar BR 26 e dose de 180kg/ha de nitrogênio. UFLA, Lavras/MG, 1997.

TABELA 1A. Produtividade média em kg/ha de duas cultivares de trigo submetidas a diferentes lâminas de irrigação em diferentes doses de aplicação de nitrogênio. UFLA, Lavras/MG, 1997.

Lamina (%ECA)	Cultivar	Doses de nitrogênio (kg/ha)			
		N0	N60	N120	N180
L0	EMB22	708,5	420,1	733,4	790,4
	BR 26	349,4	579,4	404,7	454,6
L30	EMB22	2255,7	3074,2	3643,1	2519,7
	BR 26	2106,0	3530,3	3294,7	4369,2
L60	EMB22	2722,4	4025,5	4217,7	4157,7
	BR 26	2074,5	3732,7	3775,1	4954,7
L90	EMB22	4284,4	5462,1	5403,7	5697,3
	BR 26	4197,8	5610,6	6569,0	6388,6

TABELA 2A. Número de grãos/espiga de duas cultivares de trigo submetidas a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio. UFLA, Lavras/MG, 1997.

Lamina (%ECA)	Cultivar	Doses de nitrogênio (kg/ha)			
		N0	N60	N120	N180
L0	EMB22	12	18	18	19
	BR 26	14	18	16	19
L30	EMB22	27	40	38	39
	BR 26	30	42	44	43
L60	EMB22	29	36	40	44
	BR 26	23	36	32	36
L90	EMB22	30	46	49	50
	BR 26	48	42	45	47

TABELA 3A. Valores médios de peso do hectolitro de duas cultivares de trigo submetidas a diferentes lâminas de irrigação e diferentes doses de nitrogênio. UFLA, Lavras/MG, 1997

Lamina (%ECA)	Cultivar	Doses de nitrogênio (kg/ha)			
		N0	N60	N120	N180
L0	EMB22	81,7	80,3	81,5	80,8
	BR 26	79,6	80,4	80,8	80,6
L30	EMB22	85,6	85,5	84,7	83,7
	BR 26	86,1	84,9	83,6	83,5
L60	EMB22	85,2	84,7	84,5	83,2
	BR 26	84,8	85,8	84,4	84,2
L90	EMB22	86,7	86,1	85,3	85,4
	BR 26	85,5	85,1	86,6	85,1

TABELA 4A. Valores médios de “falling number” para duas cultivares de trigo submetidas a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio. UFLA, Lavras/MG, 1997.

Lamina (%ECA)	Cultivar	Doses de nitrogênio (kg/ha)			
		N0	N60	N120	N180
L30	EMB22	448,50	406,00	455,00	474,25
	BR 26	283,75	390,25	432,50	448,25
L60	EMB22	403,50	397,25	410,25	438,50
	BR 26	366,00	371,50	378,25	381,75
L90	EMB22	409,75	371,50	368,00	381,75
	BR 26	269,25	292,25	274,50	307,50

TABELA 5A. Valores médios de extensibilidade - mm (*L*) para duas cultivares de trigo submetidas a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio. UFLA, Lavras/MG, 1997.

Lamina (%ECA)	Cultivar	Doses de nitrogênio (kg/ha)			
		N0	N60	N120	N180
L30	EMB22	72,44	87,16	109,57	94,75
	BR 26	52,48	64,81	78,90	86,31
L60	EMB22	81,23	100,85	97,60	118,60
	BR 26	64,78	54,55	83,88	85,58
L90	EMB22	106,90	101,45	100,19	115,82
	BR 26	54,33	51,11	56,06	61,72

TABELA 6A. Valores médios da relação pressão/extensibilidade (*P/L*) para duas cultivares de trigo submetidas a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio. UFLA, Lavras/MG, 1997.

Lamina (%ECA)	Cultivar	Doses de nitrogênio (kg/ha)			
		N0	N60	N120	N180
L30	EMB22	1,51	1,24	0,97	1,16
	BR 26	1,79	1,54	1,27	1,12
L60	EMB22	1,35	1,03	1,12	0,82
	BR 26	1,37	1,78	1,09	1,08
L90	EMB22	0,98	0,97	0,94	0,83
	BR 26	1,91	2,17	1,78	1,51

TABELA 7A. Valores médios de sedimentação (SED) para duas cultivares de trigo submetidas a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio. UFLA, Lavras/MG, 1997.

Lamina (%ECA)	Cultivar	Doses de nitrogênio (kg/ha)			
		N0	N60	N120	N180
L30	EMB22	16,55	16,35	19,05	19,15
	BR 26	10,25	12,85	13,87	14,00
L60	EMB22	15,27	14,50	17,22	18,95
	BR 26	10,97	10,80	12,87	14,55
L90	EMB22	15,55	15,27	16,32	16,37
	BR 26	10,27	10,52	11,50	12,58

TABELA 8A. Valores médios de força do glúten (W) para duas cultivares de trigo submetidas a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio. UFLA, Lavras/MG, 1997.

Lamina (%ECA)	Cultivar	Doses de nitrogênio (kg/ha)			
		N0	N60	N120	N180
L30	EMB22	284,35	354,10	429,27	452,67
	BR 26	157,57	204,40	253,97	197,60
L60	EMB22	299,12	307,70	300,44	383,45
	BR 26	150,50	154,17	202,57	222,05
L90	EMB22	346,95	316,52	286,50	317,00
	BR 26	166,15	177,30	172,87	158,92