

**SEBASTIÃO BRASIL CAMPOS LUSTOSA**

**CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS E MORFOGÊNESE DE AZEVÉM  
ANUAL EM RESPOSTA AO NITROGÊNIO.**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração: Produção Vegetal, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Anibal de Moraes

**CURITIBA  
2002**

*A minha esposa Jussara e filhas, pelo Amor,  
compreensão e companheirismo em todos os  
momentos.*

*Dedico*

## AGRADECIMENTOS

Ao professor Aníbal de Moraes, pela confiança, amizade, incentivo e orientação durante estes anos; presente em momentos decisivos de minha vida e baliza mestre de minhas atividades profissionais.

Ao professor Carlos Nabinger, Luiz Mauro G. Rosa, Edilberto Possamai pelas valiosas sugestões e auxílio.

Aos amigos e professores Amadeu Bona Filho e João Ricardo Dittrich, pela palavra amiga na hora certa.

Ao professor Adelino Pellisari, pela amizade e pelo valioso exemplo profissional e pessoal.

A amiga Andréa Machado Groff pela paciência, bom humor, dicas, entusiasmo no auxílio de trabalho de campo. Peça fundamental para a realização deste trabalho, muito obrigado.

Ao colega e amigo Sérgio José Alves pela amizade sincera, confiança e auxílio durante o curso e nas minhas decisões profissionais.

Aos amigos Márcio Muraro e Mauricio Baby pelo auxílio nas atividades de campo, muito obrigado.

Aos fantásticos estagiários Gustavo, Edson, Alan, Alisson, Márcia, Flávia, Edson e Milena, que vivenciaram todas as dificuldades e enfrentaram todos os desafios com muita alegria e disposição.

Aos professores do Curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração produção vegetal, pelos ensinamentos valiosos.

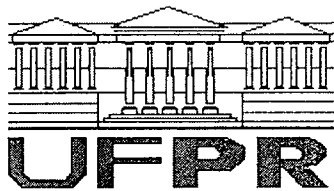
Aos meus pais e irmãos muito mais que amigos, exemplos de amor.

*“Na prosperidade nossos amigos nos conhecem, na adversidade nós conhecemos os amigos”*(Collins, escritor Inglês, 1848 – 1908). Aos colegas do curso de pós-graduação, pessoas incomuns que muito me ensinaram e que jamais esquecerei.

*“Se alguém guardar minha palavra não verá jamais a morte”* (Ev. João 8, 52). Ao saudoso amigo Renato Lockes Stanger.

A CAPES pela bolsa de estudos durante a realização do curso.

A todas as pessoas que de forma direta ou indireta auxiliarem na execução deste trabalho.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA E FITOSSANITARISMO  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
PRODUÇÃO VEGETAL

## PARECER

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, reuniram-se para realizar a arguição da Tese de DOUTORADO, apresentada pelo candidato **SEBASTIÃO BRASIL CAMPOS LUSTOSA**, sob o título "**CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS E MORFOGÊNESE DE AZEVÉM ANUAL EM RESPOSTA AO NITROGÊNIO**", para obtenção do grau de Doutor em Ciências do Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

Após haver analisado o referido trabalho e argüido o candidato são de parecer pela "**APROVAÇÃO**" da Tese.

Curitiba, 16 de Agosto de 2002.

Professor Dr. Luis Mauro Gonçalves Rosa  
Primeiro Examinador

Professor Dr. Carlos Nabinger  
Segundo Examinador

Professor Dr. Paulo Cesar de Faccio Carvalho  
Terceiro Examinador

Professor Dr. Adelino Pelissari  
Quarto Examinador

Professor Dr. Anibal de Moraes  
Presidente da Banca e Orientador

*O que sabemos é uma gota, o que ignoramos um oceano (Issac Newton).*

## BIOGRAFIA DO AUTOR

SEBASTIÃO BRASIL CAMPOS LUSTOSA, filho de Sebastião Vieira Lustosa e de Ithaura Campos Lustosa, nasceu em Palmas, Estado do Paraná, aos 07 de maio de 1969. É casado com Jussara Rosane Lustosa, pai de Laura Helena Lustosa e Júlia Deolinda Lustosa.

Cursou o ensino de primeiro grau e parte do segundo grau no Colégio Dom Carlos em Palmas, PR. No ano de 1985 mudou-se para Curitiba, PR, para concluir os estudos de segundo grau, sendo interno no colégio Paranaense Marista nos anos de 1985 e 1986.

Ingressou no Curso de Agronomia em 1988, na Universidade Federal do Paraná, tendo recebido o grau de Engenheiro Agrônomo em 02 de setembro de 1994. Em 1995 iniciou o Curso de Mestrado, área de concentração em Ciência do Solo, sob orientação do Prof. Dr. Anibal de Moraes, nesta mesma universidade, obtendo o grau de Mestre em Agronomia em 1998. No mesmo ano ingressou no Curso de Doutorado em agronomia, área de concentração Produção Vegetal, tendo o privilégio de ter o mesmo orientador.

No ano de 2000, foi professor convidado para ministrar tópicos da disciplina de Fertilidade do Solo, do Curso de Agronomia do Centro Federal de Educação Tecnológica em Pato Branco, PR. De agosto de 2001 a fevereiro de 2002, foi professor da disciplina de Introdução a Exploração Agropecuária do Curso de Engenharia Agrícola das Faculdades Espírita do Paraná.

Atualmente é professor da disciplina de Agrostologia e Nutrição animal no Curso de Agronomia e Forragicultura no Curso de Medicina Veterinária da Escola Superior de Ciências Agrárias em Guarapuava, PR. Também presta serviços de assistência técnica a produtores da região centro-sul do Paraná.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	viii
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	x
<b>RESUMO</b> .....	xii
<b>ABSTRACT</b> .....	xiii
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2 REVISÃO DE BIBLIOGRAFIA</b> .....	3
2.1 MORFOGÊNESE E ANÁLISE DO CRESCIMENTO.....	3
2.2.1 Taxa de aparecimento de folhas (TAF).....	6
2.2.2 Taxa de alongação foliar (TEF).....	8
2.2.3 Duração de vida das folhas e senescência foliar.....	9
2.2.4 Taxa de aparecimento de perfilhos (TAP).....	10
2.3 ABSORÇÃO DE NITROGÊNIO, DISTRIBUIÇÃO ENTRE AS PLANTAS E A VEGETAÇÃO.....	11
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	16
3.1 LOCAL DO EXPERIMENTO.....	16
3.2 CARACTERÍSTICA DE SOLO E CLIMA.....	16
3.3 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.....	17
3.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS.....	17
3.5 DETERMINAÇÃO DAS VARIÁVEIS.....	17
3.5.1 Avaliações dos parâmetros de crescimento (morfogênese).....	17
3.5.2 Acúmulo de matéria seca (MS) e determinação do índice de área foliar (IAF).....	19
3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	21
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	22
4.1 VARIÁVEIS MORFOGÊNICAS.....	22
4.1.1 Taxa de Alongação Foliar (TEF).....	22
4.1.2 Taxa de aparecimento de folhas (TAF).....	23
4.1.3 Número de folhas.....	25
4.1.4 Taxa de senescência foliar (TSF).....	26
4.1.5 Comprimento da lâmina foliar e evolução do IAF.....	28
4.1.6 Taxa de aparecimento de perfilhos (TAP).....	34
4.2 MODELOS DE DILUIÇÃO DE NITROGÊNIO E ACÚMULO DE MATÉRIA SECA.....	36

<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>40</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>41</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>51</b>

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Diagrama esquemático das relações entre as principais características morfogênicas das forrageiras e as características estruturais da pastagem (Adaptado de Lemaire e Chapman, 1996).....	6
FIGURA 2 – Taxa de aparecimento de folhas (TAF) em azevém anual, cultivado sob níveis de adubação nitrogenada. CEEEx – UFPR, Piraquara – PR, 1998.....	24
FIGURA 3 – Filocrono de azevém anual durante o primeiro período de avaliação em função de doses de nitrogênio. CEEEx – UFPR, Piraquara, PR, 1998.....	24
FIGURA 4 – Número de folhas completamente expandidas ao final do segundo período de avaliação em função de níveis de nitrogênio. CEEEx – UFPR, Piraquara, PR, 1998.....	25
FIGURA 5 – Taxa de senescência foliar (mm. GD <sup>-1</sup> ) em função de níveis de nitrogênio, durante o primeiro período de avaliação. CEEEx – UFPR, Piraquara, PR, 1998.....	26
FIGURA 6 – Taxa de senescência foliar (mm. GD <sup>-1</sup> ) em função de níveis de nitrogênio, durante o segundo período de avaliação. CEEEx – UFPR, Piraquara, PR, 1998.....	27
FIGURA 7 – Taxa de senescência foliar (mm. GD <sup>-1</sup> ) em função de níveis de nitrogênio, durante o terceiro período de avaliação. CEEEx – UFPR, Piraquara, PR, 1998.....	27
FIGURA 8 – Número de folhas senescentes nos períodos avaliados em função de níveis de nitrogênio. CEEEx – UFPR, Piraquara, PR, 1998.....	28
FIGURA 9 – Evolução do índice de área foliar para diferentes níveis de nitrogênio no azevém comum em função da soma térmica acumulada durante o primeiro período de avaliação (estabelecimento). CEEEx – UFPR, Piraquara, PR, 1998.....	30
FIGURA 10 – Evolução do índice de área foliar dos diferentes níveis de nitrogênio de azevém comum em função da soma térmica acumulada durante o segundo período de avaliação (primeiro rebrote). CEEEx – UFPR, Piraquara, PR, 1998.....	31

FIGURA 11 – Evolução do índice de área foliar dos diferentes níveis de nitrogênio de azevém comum em função da soma térmica acumulada durante o terceiro período de avaliação (segundo rebrote). CEEEx – UFPR, Piraquara, PR, 1998.....	33
FIGURA 12 – Taxa de aparecimento de perfilhos (perfilhos. GD <sup>-1</sup> ) em função de níveis de nitrogênio, durante o primeiro e segundo período de avaliação. CEEEx – UFPR, Piraquara, PR, 1998.....	34
FIGURA 13 – Soma térmica necessária para o aparecimento de perfilhos (GD. perfilhos <sup>-1</sup> ) em função de níveis de nitrogênio, durante o primeiro e segundo período de avaliações. CEEEx – UFPR, Piraquara, PR, 1998....	35
FIGURA 14 – Diluição de nitrogênio (%N no tecido vegetal) em forragem de azevém anual cv. comum sob condições não limitantes (225 e 300 kg de N.ha <sup>-1</sup> ) comparadas ao modelo de Lemaire e Salette (1984). CEEEx/UFPR – Piraquara, PR, 1998.....	36
FIGURA 15 – Diluição de nitrogênio (%N no tecido vegetal) em forragem de azevém anual cv. comum comparadas ao modelo de Lemaire e Salette (1984) durante o primeiro período de avaliação. CEEEx/UFPR – Piraquara, PR, 1998.....	37

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Resultados da análise de solo da área experimental. Centro de Estações Experimentais do Canguiri – UFPR, 1998.....	16
TABELA 2 – Temperaturas médias mensais do ar (máxima média, mínima média e média), estado geral do tempo e radiação solar durante o período experimental. CEEEx Canguiri, 1998.....	19
TABELA 3 – Datas dos períodos de avaliação de variáveis morfogênicas em função de níveis de nitrogênio (0 kg de N.ha <sup>-1</sup> , 75 kg de N.ha <sup>-1</sup> , 150 kg de N.ha <sup>-1</sup> , 225 kg de N.ha <sup>-1</sup> e 300 kg de N.ha <sup>-1</sup> ). Centro de Estações Experimentais do Canguiri, (1998).....	19
TABELA 4 – Taxa de alongação foliar (mm.GD <sup>-1</sup> ) de azevém anual nos diferentes períodos de avaliação, em função de níveis de nitrogênio. CEEEx – UFPR, Piraquara – PR. 1998.....	22
TABELA 5 – Filocrono de azevém anual nos diferentes períodos de avaliação, em função de níveis de nitrogênio. CEEEx – UFPR, Piraquara – PR. 1998.....	23
TABELA 6 – Comprimento das lâminas verdes, em centímetros, de azevém anual nos diferentes períodos de avaliação, em função de níveis de nitrogênio. CEEEx – UFPR, Piraquara – PR. 1998.....	29
TABELA 7 – Equações e coeficiente de determinação ajustado (R <sup>2</sup> ) da evolução do IAF durante o primeiro período de avaliação, de azevém anual, em função da soma térmica nas diferentes níveis de nitrogênio. CEEEx – UFPR, Piraquara – PR, 1998.....	29
TABELA 8 – Equações e coeficiente de determinação ajustado (R <sup>2</sup> ) da evolução do IAF durante o segundo período de avaliação, de azevém anual em função da soma térmica nas diferentes doses de nitrogênio. CEEEx – UFPR, Piraquara – PR, 1998.....	31
TABELA 9 – Equações e coeficiente de determinação ajustado (R <sup>2</sup> ) da evolução do IAF durante o segundo período de avaliação, de azevém anual em função da soma térmica nas diferentes doses de nitrogênio. CEEEx – UFPR, Piraquara – PR, 1998.....	32

TABELA 10 – Número médio de perfilhos de azevém anual nos diferentes períodos de avaliação, em função de níveis de nitrogênio. CEEEx – UFPR, Piraquara – PR. 1998.....	34
TABELA 11 – Equações de diluição de nitrogênio (%N no tecido vegetal) e coeficiente de regressão ajustado, em condições não limitantes ao crescimento do azevém. CEEEx/UFPR – Piraquara, PR, 1998.....	36
TABELA 12 – Equações de diluição de nitrogênio (%N no tecido vegetal) e coeficiente de regressão ajustado, em condições não limitantes ao crescimento do azevém durante o primeiro período de avaliação. CEEEx/UFPR – Piraquara, PR, 1998.....	38
TABELA 13 – Matéria seca acumulada de azevém anual nos diferentes períodos de avaliação, em função de níveis de nitrogênio. CEEEx – UFPR, Piraquara – PR. 1998.....	39

## RESUMO

A morfogênese foliar do azevém, ou seja, a sua dinâmica de aparecimento, alongação e senescência foliar e, o ajuste de um modelo de diluição de nitrogênio, foram avaliados sob cinco níveis de nitrogênio (0, 75, 150, 225 e 300 kg N.ha<sup>-1</sup>), no período de maio a outubro de 1998. Para se avaliar os parâmetros morfogênicos, utilizaram-se vinte perfilhos marcados por unidade experimental, num delineamento inteiramente casualizado com três repetições. Para o ajuste do modelo de diluição, foram cortadas semanalmente parcelas rentes ao solo. O nitrogênio promoveu aumentos mais pronunciados nas taxas de aparecimento e alongação foliar durante o período de estabelecimento, o que resultou na redução do filocrono. A taxa de senescência foliar foi principalmente afetada pela redução na disponibilidade de nitrogênio. O índice de área foliar foi a variável que melhor caracterizou os efeitos da adubação nitrogenada. O nível 225 kg N.ha<sup>-1</sup> não limitou o desenvolvimento do azevém. Considerando que não houve limitações hídricas e nutricionais, então o nitrogênio aplicado condicionou o desenvolvimento aéreo e o acúmulo de forragem do azevém anual.

Palavras-chave: taxa de aparecimento foliar, filocrono, senescência foliar, *Lolium multiflorum*, nitrogênio.

## ABSTRACT

The leaf morphogenesis of the Italian ryegrass, in other words, its leaf appearance dynamics, elongation and senescence and, the adjustment of a nitrogen dilution model, were evaluated under five levels of nitrogen (0, 75, 150, 225 and 300 kg N.ha<sup>-1</sup>), during May to October of 1998. To evaluate morphogenetic parameters, twenty marked tillers were used by experimental unit, in a completely randomized design with three replicates. For the adjustment of the dilution model, cuts were done weekly nearby portions to the soil. Nitrogen promoted more pronounced increases in leaf appearance and elongation rates during the establishment period, which resulted in the reduction of the phyllochron. The leaf senescence rate was affected mainly by the reduction in the readiness of nitrogen. The leaf area index was the variable that best characterized the effects of the applied nitrogen. The treatment 225 kg N.ha<sup>-1</sup> didn't limit the development of the Italian ryegrass. Considering there were no hydric and nutritional limitations, then the applied nitrogen conditioned the aerial development and the forage accumulation of the Italian ryegrass.

Key words: leaf appearance rate, phyllochron, *Lolium multiflorum*, nitrogen

## 1 INTRODUÇÃO

A intensificação do sistema de produção pecuária, com o uso de animais de elevado potencial produtivo, tem aumentado a demanda por alimentos de melhor qualidade e produzidos em grande quantidade. Neste sentido, o objetivo principal no manejo de pastagens é obter, por unidade de área, a máxima produção de forragem com satisfatório valor nutritivo durante a estação de crescimento.

A restauração do aparato foliar, sob condições de corte ou pastejo, decorre da contínua emissão de folhas e perfilhos, os quais determinam a produtividade de uma forrageira. Esta, por sua vez, depende da idade fisiológica da planta, da fertilidade do solo, da espécie forrageira utilizada e das condições de ambiente a que estão submetidas e influenciam o seu crescimento e o seu valor nutritivo.

Como o crescimento varia em decorrência de alterações nos níveis de luz, temperatura, umidade e disponibilidade de nutrientes, então é necessário o conhecimento das respostas morfofisiológicas das espécies em diferentes ambientes, por meio da análise de crescimento e do controle de algumas variáveis ambientais, para a determinação de práticas de manejo a serem adotadas (Moraes *et al.*, 1995).

A análise de crescimento foi desenvolvida há aproximadamente cinquenta anos, tendo contribuído para o entendimento das bases fisiológicas do rendimento das culturas (Watson, 1952). Esta envolve uma série de parâmetros que são utilizados para a análise quantitativa do crescimento das plantas. A mesma é o meio mais acessível e preciso para avaliar o crescimento e inferir a contribuição de diferentes processos fisiológicos sobre o comportamento vegetal (Benincasa, 1988), servindo para conhecer diferenças funcionais e estruturais entre cultivares de uma mesma espécie, de modo a selecioná-las dentro de um programa de melhoramento genético, ou para o estudo do comportamento vegetal sob diferentes condições ambientais e de manejo.

O sucesso da utilização de pastagens em condições de pastejo somente poderá ser conseguido através do conhecimento dos fatores ecológicos envolvidos direta e indiretamente na fisiologia e no manejo das pastagens. Portanto, conceituar os diferentes fatores ecológicos e fisiológicos envolvidos no manejo da pastagem é uma forma de entender o grande complexo denominado ecossistema de pastagens (Nabinger, 1996).

Partindo-se da hipótese que o acúmulo de forragem depende do atendimento da demanda de carbono determinada pela morfogênese (elongação de folhas, aparecimento de

folhas, aparecimento de perfilhos e duração de folhas) e que este também altera as características estruturais (área foliar, densidade de perfilhos e folhas por perfilho) da planta, determinando um índice de área foliar, e que o atendimento desta demanda também está na dependência da oferta de nitrogênio, o qual é de fundamental importância na fotossíntese e na formação do aparato foliar, resultando na interceptação da energia luminosa (que é dependente da qualidade da luz recebida pelo dossel da vegetação) necessária ao processo. Então o conhecimento da dinâmica do desenvolvimento foliar e do nível adequado de nitrogênio permitirá o melhor uso de pastagens estabelecidas com azevém. Assim, o objetivo deste trabalho foi de verificar, sem limitações hídricas e nutricionais, o desenvolvimento foliar do azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) em função de diferentes níveis de nitrogênio e o ajuste de uma curva de diluição de nitrogênio, a qual permitirá a expressão do desenvolvimento potencial da cultura.

## 2 REVISÃO DE BIBLIOGRAFIA

A taxa de crescimento do aparato foliar determina a quantidade de radiação solar interceptada pela cultura e, conseqüentemente, a quantidade de biomassa produzida Montheith (1977). O crescimento e desenvolvimento de folhas são determinantes da produção econômica das culturas porque a acumulação de matéria seca depende do número e área de folhas que interceptam a luz (Ishag e Mohamed, 1998). A adoção de práticas tradicionais de manejo, sem respeitar as características da planta, pode produzir resultados insatisfatórios na exploração das pastagens (Rovetta *et al.* 2001). Para que seja possível explorar o potencial de produção e crescimento de uma determinada espécie forrageira é necessário conhecer a estrutura básica da planta e a maneira segundo a qual seus órgãos funcionais e seu metabolismo são afetados pelos estresses comuns a um ambiente de pastagens (Hunt e Field, 1979).

A morfogênese das partes aéreas é, portanto, um elemento fundamental a ser considerado no entendimento da formação da biomassa e da estrutura de captação e repartição de carbono (Nabinger e Pontes, 2001). Numa pastagem em crescimento vegetativo, na qual apenas folhas são produzidas, a morfogênese pode ser descrita por três características básicas: Taxa de Aparecimento de Folhas (TAF), Taxa de Expansão Foliar (TEF) e Duração de Vida da Folha (DVF) (Lemaire e Chapman, 1996). Essas características são determinadas geneticamente, mas são influenciadas por variáveis ambientais como temperatura, disponibilidade hídrica e de nutrientes.

### 2.1 MORFOGÊNESE E ANÁLISE DO CRESCIMENTO

Crescimento e desenvolvimento são dois processos distintos, porém, bastante relacionados. Geralmente os dois processos ocorrem simultaneamente. Segundo Wilhelm e McMaster (1995), crescimento pode ser definido como aumento irreversível na dimensão física de um indivíduo ou órgão em determinado intervalo de tempo. Por outro lado, desenvolvimento inclui o processo de iniciação de órgãos (morfogênese) até a diferenciação, podendo incluir o processo de senescência.

Durante o desenvolvimento de uma cultura ocorre a sucessão de formação, desenvolvimento e morte de folhas e perfilhos. Silsbury (1970) apresentou cinco estádios distintos de crescimento e desenvolvimento de uma folha de gramínea: iniciação, pré-

aparecimento, aparecimento, maturidade e senescência.

Em termos fisiológicos, crescimento é definido como o aumento em tamanho, volume e massa no tempo (Hunt, 1990). O crescimento vegetal pode ser medido por intermédio de métodos destrutivos, em que se avalia o acúmulo de massa seca no tempo, ou por métodos não-destrutivos, em que se mede o aumento em altura, ou ainda, o índice de área foliar por meio de equipamentos. Assim, os índices de crescimento podem ser calculados conhecendo-se a massa seca de toda a planta ou de suas partes (colmos, folhas e raízes) e a dimensão do aparelho assimilatório (área foliar), durante determinado intervalo de tempo.

O desenvolvimento vegetativo de uma gramínea é caracterizado pelo aparecimento e desenvolvimento de folhas e perfilhos, alongamento do colmo e desenvolvimento radicular (Silsbury, 1970). Esse processo é definido por Chapman e Lemaire (1993) como a *dinâmica de geração e expansão da forma da planta no espaço. É um processo dinâmico do qual resulta a taxa de surgimento de novos órgãos (organogêse) e o balanço entre sua taxa de crescimento e senescência, além da taxa de consumo pelos animais ou remoção por cortes.* O crescimento das plantas e, dessa forma, a produtividade das pastagens, pode ser considerado fundamentalmente sob três perspectivas: morfologia do perfilho, regulação da área foliar e demografia de perfilhos (Mathew *et al.*, 2000). Estas variáveis são, por sua vez, altamente dependentes da interação entre o genótipo e o ambiente (Durand *et al.*, 1991).

A estruturação dos órgãos em formação obedece a um programa morfogênico. Esse programa se faz a partir do desenvolvimento acrópeto de cada fitômero (unidade fundamental de um perfilho, constituída de nó, entre-nó, gema, lâmina e bainha (Wilhelm e McMaster, 1995). Os primórdios foliares se formam, crescem e se desenvolvem alternadamente em cada meristema apical, originando as folhas. Cada nova folha se desenvolve por dentro do pseudo-colmo ou cartucho, tubo formado pelas bainhas foliares das folhas adultas. Durante a ontogenia de um perfilho as folhas aparecem a intervalos regulares, os filocronos (Wilhelm e McMaster, 1995) e atingem comprimentos finais crescentes conforme seu nível de inserção no perfilho (Robson 1973).

Quatro tipos de folhas podem ser observadas durante o desenvolvimento do perfilho: folhas senescentes, folhas completamente expandidas, folhas emergentes e folhas em expansão, envolvidas pelo pseudocolmo (Gomide, 1997). O intervalo de tempo para o aparecimento de duas folhas sucessivas (filocrono), expresso em graus dia ou em dias, é geneticamente determinado e condicionado pelos fatores do meio. Com o inverso do intervalo de tempo para o crescimento de duas folhas, estima-se a taxa de aparecimento de folhas, expressa em folhas por dia, a qual é função do genótipo (Pinto *et al.*, 1994), nível de inserção (Skinner e Nelson, 1992) e fatores do meio como luz (Lawlor, 1995, Lemaire e

Chapman, 1996), temperatura (Collins e Jones, 1988), água no solo (Lawlor, 1995), nutriente mineral (Mazzanti, 1994a) e intensidade de desfolha (Davies, 1974).

Em ausência de pastejo e ainda em condições não limitantes ao crescimento (água, nutrientes, temperatura, radiação solar...), a velocidade com que ocorre este acúmulo de biomassa é função do tempo térmico decorrido, uma vez que é a temperatura que regula a atividade meristemática. Essa consideração é fundamental pois se o crescimento de uma pastagem não pode ser medido pelo calendário humano também não o podemos utilizar para nortear práticas de manejo, a menos que as condições de temperatura e radiação sejam rigorosamente constantes ao longo do tempo e também não ocorram limitações hídricas e nutricionais. Dessa forma, o uso do conceito de graus-dia permite integrar ao calendário humano uma unidade de tempo à qual a planta é sensível, ou seja as temperaturas às quais as plantas estão expostas a cada dia. Normalmente se utiliza o conceito de graus-dia que, segundo Ometto<sup>1</sup> (1981) citado por Nabinger e Pontes (2001) é uma *“avaliação simplificada da energia que está à disposição da planta a cada dia”* e *“representa um acúmulo diário de energia acima de uma condição mínima e abaixo da máxima exigida pela planta”* (temperaturas de base).

Deficiências hídricas ou minerais podem limitar a evolução da área foliar levando a uma baixa eficiência de interceptação da luz, o que se traduz em baixa taxa de crescimento, consequência de seu efeito sobre a taxa de expansão foliar e sobre a duração de vida da folha, duas características morfogênicas determinantes da estrutura do IAF (índice de área foliar). Associa-se a esse efeito quantitativo (tamanho do IAF) o efeito qualitativo da diminuição na taxa de fotossíntese por unidade de área foliar em baixa disponibilidade de N, similarmente ao que acontece com deficiência hídrica (Gastal e Durand, 2000).

A morfogênese das partes aéreas é, portanto, um elemento fundamental a ser considerado no entendimento da formação da biomassa e na estrutura de captação e repartição do carbono, e deve ser analisada sempre na ótica da integração com os efeitos de fatores limitantes que afetam o modelo trófico (Nabinger e Pontes, 2001).

A combinação destas variáveis morfogênicas e genótípicas determina as principais características estruturais das pastagens: 1) Tamanho da folha, que é determinada pela relação entre TAF e TEF, uma vez que a duração do período de expansão de uma folha é uma fração constante do intervalo de aparecimento, ou seja, do filocrono (Robson, 1967; Dale, 1982); 2) Densidade de perfilhos, que é parcialmente relacionada com TAF, que por seu lado determina o número potencial de sítios para o surgimento de perfilhos (Davies, 1974). *Desta forma, genótipos com alta TAF apresentam alto potencial de perfilhamento e assim determinam uma pastagem com uma densidade de perfilhos mais elevada do que*

---

<sup>1</sup> OMETTO, J. C. *Bioclimatologia Vegetal*. Ed. Ceres, SP. 1981. 440p

aquelas com baixa TAF. 3) Número de folhas vivas por perfilho, que é o produto da TAF pela duração de vida das folhas (Lemaire e Chapman, 1996).

### 2.2.1 Taxa de aparecimento de folhas (TAF)

O aparecimento e o alongamento de folhas são dois processos fisiológicos determinantes da massa do perfilho; entretanto, o primeiro, por sua estreita associação com perfilhamento (Skinner e Nelson, 1994a), tem maior efeito na massa da planta.

A Figura 1 ressalta o papel central da taxa de aparecimento de folhas sobre o índice de área foliar (IAF), por sua influência sobre a área foliar, densidade de perfilhos e o número de folhas (Lemaire e Chapman 1996).

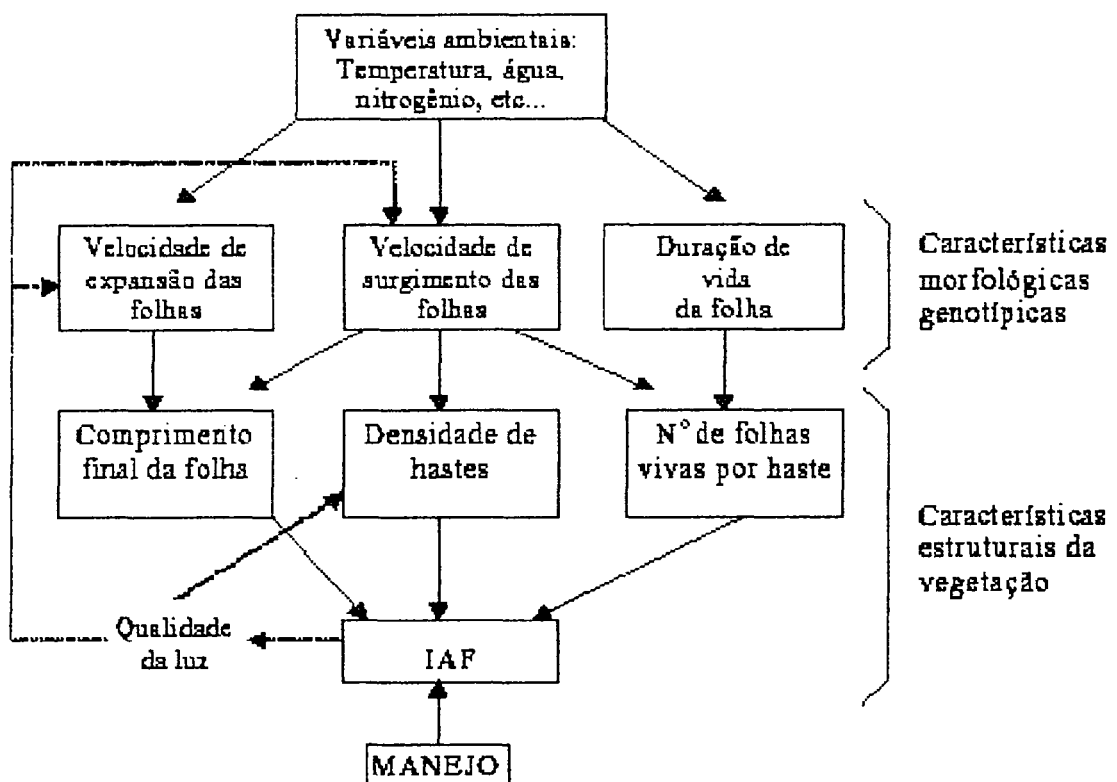


FIGURA 1 - Diagrama esquemático das relações entre as principais características morfológicas das forrageiras e as características estruturais da pastagem (Adaptado de Lemaire e Chapman, 1996).

Diferenças nas taxas de aparecimento de folhas e de alongamento determinam a área foliar do perfilho, sendo que o progressivo aumento de folhas por perfilho e de perfilhos por planta determina o aumento no IAF da pastagem, e então, o rendimento forrageiro (Brougham, 1956), via crescente percentual de interceptação e captura luminosa. O

conhecimento das taxas de aparecimento, alongamento e senescência foliares e de perfilhamento reveste-se de fundamental importância para a interpretação do acúmulo de forragem e do efeito do clima sobre o rendimento forrageiro (Grant e Marriot, 1994)

Numa haste qualquer, que representa a unidade funcional básica da pastagem, a velocidade com que suas folhas são fabricadas é relativamente constante quando medida no tempo térmico, ou seja, a quantidade de graus-dia necessária para formar uma folha é constante. Desse modo, o acúmulo de folhas sobre esta haste pode ser representado por uma função linear do acúmulo de graus-dia. O inverso do coeficiente angular desta regressão estima o filocrono, ou seja, o intervalo de tempo térmico decorrido entre o aparecimento de duas folhas consecutivas ou, em outras palavras, o tempo necessário para a formação de uma nova folha completamente expandida (Nabinger e Pontes, 2001). O filocrono é afetado pelo déficit de água, temperatura e nutrientes, principalmente o nitrogênio (Longnecker *et al.*, 1993).

Cada folha surgida sobre uma haste representa, na verdade, o surgimento de um novo fitômero. Quando se fala em filocrono, que na verdade mede o surgimento de folhas, estamos a rigor estimando a taxa de surgimento de fitômeros. A importância desse conhecimento reside no fato de que o acúmulo de massa numa haste é decorrente do acúmulo de fitômeros e do seu desenvolvimento individual (expansão foliar, alongamento e engrossamento dos nós e entrenós), Nabinger e Pontes (2001).

TAF desempenha o papel central na morfogênese e, por conseqüência, no IAF, pois influencia diretamente cada um dos três componentes da estrutura da pastagem como se pode ver na Figura 1. De um modo geral, alta TAF corresponde a altas densidades de perfilhos pequenos, e a baixa TAF leva a uma menor densidade de perfilhos maiores. Portanto, a TAF determina grandes diferenças na estrutura da pastagem devido ao seu efeito sobre o tamanho e a densidade de perfilhos (Nabinger e Pontes, 2001).

A TAF responde imediatamente a qualquer mudança de temperatura percebida pelo meristema apical (Peacock, 1975a; Stoddart *et al.*, 1986). A curva de resposta da TAF à temperatura muda rapidamente durante a transição do estágio vegetativo para reprodutivo conforme o demonstraram Peacock (1975b) e Parsons e Robson (1980) para gramíneas temperadas, resultando em maior potencial numa dada temperatura para o estágio reprodutivo do que para o estágio vegetativo (Gastal *et al.*, 1992). Durante o processo de crescimento da planta a TAF tende a diminuir, isso acontece porque a taxa de iniciação das folhas no meristema apical (plastocrono) permanece constante em função da temperatura, mas com o aumento do comprimento da bainha das folhas sucessivas de gramíneas cespitosas, há uma maior demora no surgimento das folhas acima do cartucho (Lemaire e Chapman, 1996; Duru e Ducrocq, 2000).

O efeito de limitações hídricas e nutricionais sobre a TAF não aparece de forma clara na literatura disponível, provavelmente porque sendo o parâmetro central do programa morfogenético das plantas, essa seria a última característica que a planta penalizaria, ou seja, para manter o desenvolvimento do perfilho, em condições que limitem a oferta de carbono, parece lógico que a economia de assimilados comece pela penalização do perfilhamento, passando pela redução no tamanho da folha, e pela redução na duração de vida da mesma (Nabinger e Pontes, 2001).

Ainda assim, limitações de N podem levar a algum efeito na TAF em gramíneas cespitosas como festuca (Lemaire e Agnusdei, 1999), azevém (Lattanzi *et al.*, 1997, Wilman e Fischer, 1996) e setaria (CRUZ *et al.*, 2000). Por outro lado, Pinto *et al.* (1994) não observaram o efeito de N na TAF e expansão foliar de capim Guiné e capim Setária.

O pastejo ou cortes pode provocar uma leve tendência a diminuir a TAF do rebrote após uma desfolha severa, o que pode ser consequência do aumento no comprimento da bainha das folhas sucessivas, determinando uma maior demora no surgimento de novas folhas acima do cartucho, conforme Skinner e Nelson (1994a, b).

Apesar do efeito que a intensidade do pastejo ou cortes pode ter sobre o comprimento da bainha, como consequência da resposta plástica que a espécie pode apresentar, a TAF não foi afetada pelas diferentes alturas de manejo da pastagem de azevém anual (Pontes, 2000). O intervalo médio entre o aparecimento de duas folhas sucessivas foi de 0,006 folhas/Unidade Térmica (UT), correspondente a um filocrono de 166,3 GD. Esses resultados foram semelhantes aos encontrados por Lemaire e Agnusdei (1999), cujos valores de filocrono não apresentaram diferenças quanto às alturas de manejo numa pastagem de azevém anual, sendo sua média igual a 170 GD.

### 2.2.2 Taxa de alongação foliar (TEF)

A extensão foliar de gramíneas é restrita a uma zona na base da folha em expansão que está protegida pelo conjunto de bainhas das folhas mais velhas ou pelo pseudocolmo (Skinner e Nelson, 1995). A zona de alongamento ou extensão é um local ativo de grande demanda por nutrientes (Skinner e Nelson, 1995). Na zona de divisão celular encontramos um maior acúmulo de nitrogênio (N) (Gastal e Nelson, 1994). Desta forma este nutriente afeta diretamente a TEF através do aumento do número de células. Pouco N é depositado fora da zona de alongamento das folhas, indicando que a síntese da rubisco é dependente desse acúmulo de N na zona de divisão celular, ou seja, o potencial fotossintético da planta é determinado no início do período de alongamento das folhas. Portanto, déficits de N podem comprometer a eficiência fotossintética futura (Skinner e

Nelson, 1995).

Assim, a disponibilidade de N tem pronunciado efeito na TEF, podendo resultar em valores três a quatro vezes menores num alto nível de deficiência quando comparado a um nível não limitante (Gastal *et al.*, 1992). Pontes (2000) verificou aumento linear nesta variável com aumento na altura em que a pastagem de azevém anual era mantida. Esta relaciona o efeito ao maior resíduo e maior quantidade de material senescente nos tratamentos de maior altura, proporcionando uma maior remobilização de N. A remobilização de N das folhas mais velhas para as folhas que estão em alongação é um processo que acompanha a senescência foliar. A quantidade de N remobilizado pode atingir até três quartos da quantidade de N contida nas folhas verdes (Lemaire e Chapman, 1996). Geralmente, este N constitui-se em N metabolicamente ativo nos tecidos foliares (por exemplo, na enzima fotossintética rubisco e para os aminoácidos envolvidos na divisão celular), enquanto que 20 a 25% da quantidade de N que não é remobilizado constitui-se em N foliar estrutural (Gastal e Nelson, 1994). Conforme Lemaire e Agnusdei (1999), por volta de 50 % do carbono e 80 % do nitrogênio é reciclado das folhas durante o processo de senescência, podendo ser usado pela planta para a produção de novos tecidos foliares.

### 2.2.3 Duração de vida das folhas e senescência foliar

A duração de vida das folhas e, por conseqüência, a senescência foliar, são influenciadas pela temperatura da mesma forma que a TAF. O número máximo de folhas vivas por haste é uma constante genotípica (Davies, 1988) e pode ser calculado como a duração de vida das folhas expresso em número de intervalos de aparecimento de folhas, ou seja, em número de filocronos.

O número de folhas vivas por perfilho é uma característica genotípica bastante estável na ausência de deficiências hídricas ou nutricionais. Essa característica pode variar amplamente de uma espécie para outra. Pontes (2000) não verificou efeito de diferentes alturas de manejo da pastagem de azevém anual, cujos perfilhos apresentaram em média 2,0 folhas expandidas e 1,7 folhas em expansão, totalizando 3,7 folhas vivas. Igualmente, Marriot *et al.* (1999) não encontraram diferenças entre os tratamentos (diferentes alturas e níveis de adubação) em relação ao número de folhas verdes para azevém perene e trevo branco, onde a gramínea apresentava em média 3,2 folhas vivas por perfilho. Lemaire e Chapman (1996) citam no máximo 3,0 folhas vivas por perfilho (uma em expansão, uma completamente expandida e uma em senescência) para azevém perene e 2,5 folhas por perfilho para festuca.

A deficiência de N reduz apenas ligeiramente a duração de vida das folhas (Gastal

e Durand, 2000), mas apesar disso, a taxa de senescência aumenta devido ao pronunciado efeito do N sobre a TEF e no tamanho da folha (Mazzanti e Lemaire, 1994a). Assim, um aumento nas doses de N aplicado, sem um adequado ajuste no manejo do pastejo pode levar a um aumento na senescência e ao acúmulo de material morto na pastagem (Nabinger e Pontes, 2001).

O comprimento da lâmina foliar é uma característica vegetal plástica à intensidade de desfolhação, sendo considerada uma estratégia morfológica de escape da planta ao pastejo (Lemaire e Chapman, 1996). Portanto, devido a esse mecanismo, ocorre a diminuição do comprimento das lâminas em pastagens sujeitas à maior intensidade de desfolhação, conforme observado por Eggers (1999).

#### 2.2.4 Taxa de aparecimento de perfilhos (TAP)

A produção de massa por perfilho é dependente da TAF, da TEF, do tamanho final da folha e da duração de vida das folhas. Mas a produção de massa por área e a estrutura da pastagem é dependente da densidade de perfilhos na pastagem. A densidade de hastes da pastagem é resultante do equilíbrio entre a taxa de aparecimento de perfilhos (TAP) e a taxa de mortalidade dos perfilhos. A TAP potencial de perfilhos isolados (ausência de competição) é decorrente da coordenação e do sincronismo existente entre o desenvolvimento das folhas e o perfilhamento (Hay e Kemp, 1990; Kirby, 1990; Skinner e Nelson, 1994b). Isso gerou o desenvolvimento do conceito de “ocupação de sítios” (*site filling*) (Davies, 1974; Neuteboom e Lanting, 1989) que permite derivar a TAP potencial da TAF. Em populações de plantas que representam a pastagem, a TAP potencial só pode ser atingida quando o IAF da pastagem for baixo. Com o desenvolvimento do IAF a TAP decresce até ser nula, com IAF acima de 3 a 4 (Simon e Lemaire, 1987). Na verdade, a responsável pela não ativação destas gemas não é apenas a baixa quantidade da luz, que ao atravessar o perfil vegetal chega à base das hastes, mas, sobretudo, a qualidade dessa luz ou seja, a relação vermelho/vermelho-distante (Davies ; Thomas, 1983; Frank e Hofman, 1994). Assim, quanto mais densa a população de plantas, maior é a quantidade de gemas que permanecem “inativas”.

Deficiências de N determinam baixos valores de densidade de perfilhos (Lemaire e Chapman, 1996) e mantêm a TAP abaixo de seus valores potenciais, mesmo em pastagens com baixo IAF. Apesar dos efeitos positivos da adequada disponibilidade de N sobre a TAP, altas disponibilidades desse elemento pode determinar uma menor densidade de perfilhos na pastagem devido ao mais rápido desenvolvimento do IAF e ao aumento na mortalidade (Nabinger e Pontes, 2001). Em pastejo sob lotação contínua, a densidade de perfilhos é

determinada fundamentalmente pelo IAF que se consegue manter. Assim, pastejo intenso ou cortes freqüentes determinam uma maior densidade de perfilhos do que uma baixa pressão de pastejo ou cortes menos freqüentes. Nessas situações, a densidade de perfilhos é influenciada pela disponibilidade de N, quando comparadas num mesmo IAF (Mazzanti *et al.*, 1994b).

### 2.3 ABSORÇÃO DE NITROGÊNIO, DISTRIBUIÇÃO ENTRE AS PLANTAS E A VEGETAÇÃO

O entendimento dos processos que governam o fluxo de N, particularmente a absorção e distribuição na cultura, é de maior importância em relação à qualidade ambiental e à qualidade do produto. A absorção e acumulação de N nos cultivos representam os dois maiores componentes do ciclo do N no agroecossistema.

A absorção de nitrogênio no campo é altamente variável dentro de um simples ano, entre anos, entre locais e entre culturas, quando a oferta de N do solo e pela entrada de fertilizantes adicionadas forem abundantes. Em situações com generosas ofertas de N, a variabilidade e a dinâmica da acumulação de N na cultura, sob diferentes condições climáticas, bem como diferentes espécies, pode ser extremamente reduzida quando o conteúdo de N (quantidade de N por unidade de área) for relacionado com a biomassa da cultura no tempo (Greenwood *et al.* 1986; Lemaire e Salette, 1984). Isso sugere que com adequada oferta de N no solo, a absorção de N pela cultura é em maior parte determinada pela taxa de crescimento da cultura. Porém, o aumento do conteúdo de N com o aumento da massa não é linear. A quantidade de N absorvida por unidade de biomassa adicional declina com o aumento da massa da cultura (Greenwood *et al.* 1990; Lemaire e Salette 1984).

O *status* de N na planta e seus efeitos na dinâmica de crescimento e o fluxo de carbono dentro da pastagem são determinados pela taxa de absorção de nitrogênio (N) e a distribuição do N entre os órgãos da planta.

Lemaire e Salette (1984) estabelecem uma relação alométrica entre o conteúdo de N da cultura e a biomassa da cultura, conforme a equação 1, e produziram um modelo de percentagem crítica de N na planta, ou seja, a quantidade mínima necessária para atingir a máxima taxa de crescimento da planta, a qual declina regularmente com o aumento de massa da planta.

$$Nc \% = a w^{-b} \quad (\text{equação 1})$$

Onde,  $Nc \%$  é a concentração crítica de N no tecido vegetal;  $W$  é a biomassa aérea em  $t \cdot ha^{-1}$ ;  $a$  é a porcentagem de N na formação da primeira tonelada de matéria seca e  $b$  é o

coeficiente de diluição de N durante o crescimento. Quando o coeficiente  $b$  é igual a zero, a porcentagem de N permanece inalterada durante o rebrote, se  $b$  é igual a 1 existe um incremento da biomassa aérea sem qualquer incremento no consumo de N, promovendo a diluição do teor de N no tecido vegetal (Viegas, 1998).

Esse declínio na quantidade de N necessário para produzir uma nova unidade de forragem ( $\text{g N.g MS}^{-1}$ ) com o aumento da massa de forragem, conhecida como diluição de nitrogênio, é a consequência do aumento da proporção de material estrutural devido ao aumento da massa da planta (Lemaire e Gastal *et al.*, 1997) e o reflexo também da redução do conteúdo de N por unidade foliar que é progressivamente sombreada devido ao aumento do IAF (Lemaire *et al.*, 1991 ; Hirose *et al.*, 1988). Ocorre também uma redução da porcentagem de N crítico com o aumento da massa das plantas e com o declínio linear em relação a área foliar (LAR) (Lemaire, 1997).

Desta forma o desenvolvimento do dossel vegetativo e a competição por luz fazem com que a planta faça um "investimento" de N em tecidos com alta capacidade fotossintética, imobilizando e transformando N de folhas sombreadas para o crescimento de novas folhas, e "investimento" de N em tecidos de suporte ou no caule com baixa concentração de N para colocar as folhas mais jovens em camadas com melhor iluminação (Lemaire 1997). Porém a quantidade de N acumulado na biomassa por unidade de área foliar ( $\text{g N.m}^{-2}$  de área foliar.  $\text{m}^2$  de solo) permanece praticamente constante, sendo considerado como um valor de aproximadamente  $3 \text{ g N.m}^{-2}$  para muitas espécies. (Glindlay *et al.*, 1993).

Para espécies de gramíneas cespitosas o efeito da condição da nutrição nitrogenada na TAF é muito pequeno, (Gastal e Lemaire, 1988) enquanto que seu efeito na TEF é de maior importância (Gastal *et al.*, 1992) levando a um aumento muito grande no tamanho da folha com o aumento do nível de nutrição nitrogenada.

Quando a disponibilidade de N no solo não atende as necessidades de manutenção da porcentagem de N na planta próximo ao valor crítico, conforme equação 1, a taxa de crescimento das plantas reduz-se, proporcionalmente, com a relação porcentagem de N atual e a porcentagem de N crítico (Lemaire e Gastal, 1997), podendo esta relação ser um indicador do "status" de nutrição nitrogenada para uma pastagem e ser usada como um diagnóstico de sua condição nutricional (Lemaire 1997).

A habilidade das plantas em manter a porcentagem de N próximo ao crítico quando a disponibilidade de N do solo diminui confere a esta alta adaptação a condições de baixa fertilidade e uma vantagem competitiva contra plantas vizinhas na comunidade (Lemaire, 1997).

A regulação de absorção de N pelas plantas, independente da fonte de N, está sob

controle da oferta de carbono e o consumo de N por tecidos meristemáticos ou “drenos” de estocagem na planta (Lemaire, 1997). Dessa forma, uma variação na oferta de carbono por uma modificação na intensidade luminosa leva a uma maior ou menor variação na absorção de N (Gastal e Saugier, 1989).

A variação na oferta de carbono cria uma interação muito forte com a capacidade de absorção de N por plantas individuais, porém, estas variações são consideravelmente “tamponadas” em nível de comunidade de plantas devido à compensação entre plantas, de acordo com sua posição hierárquica dentro do dossel da vegetação (Lemaire 1997)

A diferença entre porcentagem de N atual e a correspondente porcentagem de N crítico na mesma biomassa indica a intensidade da deficiência ou o excesso de N da cultura. A redução na taxa de crescimento é proporcional à relação porcentagem de N atual pela porcentagem de N crítica sendo utilizada como um índice de nutrição nitrogenada, equação 2, (Lemaire e Gastal, 1997).

$$\text{INN} = \frac{\text{N\% atual}}{\text{N\% crítico}} \quad (2)$$

Greenwood *et al.* (1990) concluíram que os tipos metabólicos, C3 ou C4, diferem suas curvas quanto ao % N crítico, porém, os parâmetros para espécies C3 diferem pouco em comparação com espécies C4 (Greenwood *et al.* 1990). Provavelmente essas diferenças podem estar relacionadas com o menor conteúdo de proteínas fotossintéticas, uma vez que as espécies C4 apresentam um menor porcentagem de N crítico em relação à biomassa. Essa relação tem sido verificada para uma grande quantidade de espécies de plantas e confere o *status* de “Lei”, sendo que em condições não limitantes de N as espécies C4 são 25% mais eficientes que as espécies C3 para a mesma quantidade de matéria acumulada.

A quantidade de N absorvido pela cultura tem um impacto maior sobretudo na taxa de crescimento da cultura. A diferença do crescimento da cultura com o N liberado para a cultura e para os diversos processos podem ser examinados com a relação entre N e fotossíntese da folha, a distribuição de N entre folhas, expansão foliar e posicionamento, e também subseqüentes impactos na interceptação da luz (Novoa e Loomis, 1981, Sinclair e Shiraiwa, 1993).

A distribuição do nitrogênio entre as folhas do dossel vegetativo não é uniforme (Grindlay, 1997). Folhas experimentam diferentes regimes de luz devido ao sombreamento pelas folhas superiores e também diferem em idade. Dessa forma, as folhas podem se desenvolver sob diferentes condições de oferta de N, devido a flutuações na oferta de N durante o crescimento, embora a produção de massa permaneça contínua.

A intensidade luminosa varia conforme a posição da folha no dossel da pastagem,

freqüentemente durante o desenvolvimento vegetativo, as folhas que crescem dentro do pseudocolmo experimentam trocas na radiação da base para o ápice. Disso resulta que uma grande proporção do N é investido em tecido não fotossintético na base da lâmina para sustentar fisicamente as porções superiores da lâmina (Greendlay, 1997), indicando que a oferta de N pode afetar o índice de área foliar e o conteúdo de N foliar diferentemente de acordo com o estágio de desenvolvimento da cultura (Dreccer *et al.* 2000).

A adaptação do conteúdo de N foliar pela intensidade luminosa durante o crescimento da folha, e conseqüentemente a mobilização de N relacionada às trocas no ambiente luminoso da folha durante o desenvolvimento do dossel vegetativo podem aparentemente interferir em outros aspectos fisiológicos ou inclusos (n° de folhas, capacidade de mobilização de N de folhas maduras ou em senescência).

A distribuição do N foliar dentro do dossel vegetativo tem conseqüências para a fotossíntese da folha e do dossel e é determinante da eficiência de uso da radiação (RUE) da cultura (Sinclair e Shiraiwa, 1993). Dessa forma, o efeito do N no crescimento da cultura afeta diretamente o crescimento foliar pelo efeito sobre a fotossíntese e, conseqüentemente, na interceptação da luz.

A oferta de N aumenta a área foliar das plantas e do dossel vegetativo, em maior extensão do que a fotossíntese da folha ou do dossel (Robson e Deacon, 1978). O aumento na área foliar das plantas e dossel tem um grande efeito na oferta de N para expansão de folhas individuais e perfilhamento (Wilman e Pearse, 1984). A taxa de aparecimento de folhas e a duração da extensão foliar foi pouco afetada pelo N em muitas espécies (Gastal e Lemaire, 1988 ; Vos e Biemano, 1992).

A oferta de nitrogênio altera as taxas de divisão celular e expansão celular em folhas em crescimento. Em gramíneas, a oferta de N geralmente estimula a taxa de produção de células, porém, o comprimento final das células é pouco afetado (Gastal e Nelson 1994). O impacto do N na taxa de expansão foliar está mais relacionado ao efeito do N na produção de células do que na taxa de alongação celular (Gastal e Nelson, 1994). O principal efeito do N na divisão celular provém de que o N é necessário nos períodos iniciais do desenvolvimento da folha, onde ocorre um período de intensa divisão celular (Roggatz *et al.* 1999).

A relação folha/colmo geralmente diminui com o aumento da biomassa (Bélanger e MacQueem, 1999) com grande proporção de carbono e nitrogênio alocados no caule durante o período de desenvolvimento. O aumento relativo na proporção de tecidos estruturais é maior quando as plantas crescem em densos dosséis vegetativos (Lemaire e Gastal, 1997). O aumento na densidade de plantas leva a planta a respostas fotomorfológicas que determinam trocas na alocação de carbono e nitrogênio entre tecidos

fotossintéticos e não-fotossintéticos (Caloin e Yu, 1984)

Em gramíneas, tanto o baixo nível de luz quanto a redução da relação vermelho/vermelho distante (Skinner e Simmons, 1993; Casey *et al* 1999) na base da folha, como o que ocorre durante a competição por luz, induzem ao aumento no crescimento foliar e resulta em folhas mais longas com elevado conteúdo de parede celular do que folhas mais curtas (Duru *et al* 1999). O crescimento na área foliar durante o desenvolvimento da folha, necessária para a construção e posicionamento de novas folhas na luz, necessita, proporcionalmente, de mais tecidos estruturais de baixo conteúdo de N. A alocação de N para manter a atividade fotossintética de folhas já existentes e alocação de N para construir novo tecido foliar requer uma quantidade adicional de carbono e nitrogênio estrutural.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 LOCAL DO EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido no Centro de Estações Experimentais do Canguiri, da Universidade Federal do Paraná (latitude 25°25' S e longitude 49°08'W, altitude 930 m), município de Pinhais - PR, localizada no primeiro planalto paranaense, durante o período de abril a outubro de 1998.

#### 3.2 CARACTERÍSTICAS DE SOLO E CLIMA

O clima da região segundo a classificação de Köppen é do tipo Cfb (MAAK, 1968), tendo a temperatura média no mês mais frio inferior a 18° C, com verões frescos, sendo que a média do mês mais quente fica abaixo de 22° C. Janeiro e fevereiro são os meses mais quentes e os mais frios são junho e julho. Não apresenta estação seca definida e há ocorrência de geadas severas e freqüentes. A precipitação anual varia de 1400 a 1800 mm e os meses de abril e maio são os mais secos.

O solo da área experimental é classificado, segundo EMBRAPA (1984), como Latossolo Vermelho-Amarelo, de textura argilosa.

O solo foi coletado aleatoriamente na área de forma estratificada (0 a 5,0 cm; 5,0 a 10,0 cm e 10,0 a 20,0 cm). Foi utilizado, para tanto, trado tipo calador, sendo que 50 amostras simples compuseram a amostra composta.

As análises químicas do solo foram efetuadas no Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Solos da Universidade Federal do Paraná, segundo as metodologias propostas por PAVAN *et al.* (1991), adaptadas às situações particulares desse laboratório. Os resultados encontram-se na Tabela 1.

TABELA 1 – Resultados da análise de solo da área experimental. Centro de Estações Experimentais do Canguiri – UFPR, 1998.

Profundidade cm	PH CaCl <sub>2</sub>	Al cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	H+Al cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Ca+Mg cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	K cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	T cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	P mg.kg <sup>-1</sup>	C g.dm <sup>-3</sup>	m %	V %
0-5	5,2	0,0	7,7	12,5	0,42	20,6	24,0	51,4	0,0	62,6
5-10	5,3	0,0	7,2	11,3	0,24	18,7	10,0	36,4	0,0	61,6
10-20	5,2	0,0	6,6	10,2	0,12	16,9	5,0	25,9	0,0	61,0

### 3.3 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

A área experimental foi de 2.000 m<sup>2</sup> e cultivada com milho durante o período de verão. Após a colheita manual do milho e retirada dos restos culturais com ensiladeira, a área experimental foi dessecada em 02/04/98, com a aplicação de 2 L.ha<sup>-1</sup> de herbicida (ingrediente ativo: Glyphosate 360 g.L<sup>-1</sup>).

A semeadura direta foi realizada com espaçamento de 17 cm entre linhas e ocorreu no dia 17/04/98, utilizando-se uma semeadora adubadora com 40 Kg.ha<sup>-1</sup> azevém cv. Comum (*Lolium multiflorum* Lam.) e 350 Kg.ha<sup>-1</sup> de adubo. A área experimental foi dividida em parcelas de 2 x 2 m, com espaçamento de 0,5 m. A adubação NPK utilizada foi de 0-30-20 ( 0 N Kg.ha<sup>-1</sup>; 105 kg.ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 70 kg.ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O) na linha de semeadura.

A adubação nitrogenada, na forma de uréia, foi feita conforme determinação dos tratamentos, aplicada a quantidade total de nitrogênio em uma só vez no dia 25/04/98.

A umidade do solo foi monitorada por meio da instalação de dois pares de tensiômetros, nas profundidades de 0 a 20 cm e 0 a 40 cm e feita irrigação quando a leitura dos tensiômetros marcasse 0,1 MPa. A irrigação foi realizada por aspersão com equipamento autopropelido modelo TURBOMAQ 90/GB/300, ajustando-se à velocidade do mesmo a quantidade de lâmina de água a ser aplicada.

Após a instalação do experimento, o controle de plantas daninhas foi realizado manualmente. Também foi realizada uma aplicação de inseticida (ingrediente ativo Clorpirifós, 480 g.L<sup>-1</sup>) em 25/07/98 para controle da lagarta do trigo (*Pseudaletia sequax*).

### 3.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O delineamento experimental utilizado foi o completamente casualizado, com três repetições por tratamento. Os tratamentos consistiram de cinco doses de nitrogênio (0, 75, 150, 225 e 300 kg N.ha<sup>-1</sup>), sendo três períodos de avaliação para os parâmetros morfogênicos e quatro períodos para o ajuste do modelo de diluição de nitrogênio, totalizando 240 parcelas.

### 3.5 DETERMINAÇÃO DAS VARIÁVEIS

#### 3.5.1 Avaliações dos parâmetros de crescimento (morfogênese)

Para a determinação das variáveis morfogênicas utilizou-se a técnica de “perfилhos marcados” segundo Carrère *et al.* (1997). Marcaram-se 20 perfилhos por unidade

experimental, com fio de telefone colorido com 1 mm de espessura, os quais eram avaliados em intervalos de 3 e 4 dias, medindo-se o comprimento de folhas completamente expandidas (com lígula visível) e em elongação, além do seu *status* (em senescência ou não). O comprimento da lâmina da folha em elongação foi medido do seu ápice até a lígula da folha expandida subsequente. As medições das lâminas foliares foram efetuadas com régua milimetrada e anotadas em planilhas previamente preparadas. Os parâmetros avaliados foram os seguintes:

a) Lâmina Verde Total (LVT), que representa a soma dos comprimentos de lâmina verde das folhas do perfilho no final de cada período de amostragem, sendo expressa em centímetros;

b) Taxa de Elongação Foliar (TEF), obtida para cada intervalo de dias de observação pela diferença entre os comprimentos de lâmina verde das folhas em expansão, expressa em milímetros por grau dia ( $\text{mm.GD}^{-1}$ ), pela divisão do valor obtido dos comprimentos pela soma térmica entre os dias avaliados;

c) Taxa de Senescência Foliar (TSF), obtida pela medição da parte da lâmina foliar ainda verde das folhas completamente expandidas, calculando-se, indiretamente, o acúmulo de tecido morto, e expressa em milímetros por grau dia ( $\text{mm.GD}^{-1}$ ) pela divisão do valor obtido pela soma térmica entre os dias avaliados;

d) Taxa de Aparecimento de Folhas (TAF), obtida pela divisão do número de folhas completamente expandidas surgidas no perfilho pelo número de dias por período de amostragem, é expressa em folhas. $\text{GD}^{-1}$ , que correspondeu ao número de folhas surgidas por grau dia;

e) Filocrono ( $\text{GD.folha}^{-1}$ ) inverso da TAF que representa o número de dias para o aparecimento de duas folhas sucessivas;

f) Número de perfilhos em cada amostragem: após a medição das lâminas foliares, os observadores anotavam o número de perfilhos de cada planta marcada e estes foram totalizados no final de cada período de amostragem para gerar o número total de perfilhos. Com o número total de perfilhos no período, calculou-se a taxa de aparecimento de perfilhos, dividindo-se o número total de perfilhos pela soma térmica do período, sendo esta expressa em perfilhos por grau dia ( $\text{perfilhos.GD}^{-1}$ ). Na mesma observação era anotado o número de perfilhos mortos, sendo estes totalizados no final do período de avaliação.

Para a soma térmica acumulada (medida em graus dia) foi utilizada a seguinte equação:  $ST = \sum \left\{ \frac{(T_{\text{máx}} + T_{\text{mín}})}{2} \right\} - T_b$ , onde,  $T_{\text{máx}}$  é a temperatura máxima;  $T_{\text{mín}}$  a temperatura mínima e  $T_b$  a temperatura base, segundo Frank e Bauer (1995).

Foi utilizada como temperatura base  $0^{\circ}$  C. Os dados de temperatura (Tabela 2), foram registrados pela estação meteorológica do IAPAR, localizada no Centro de Estações

Experimentais da Universidade Federal do Paraná, localizada a aproximadamente 300 m da área experimental.

TABELA 2 – Temperaturas médias mensais do ar (máxima média, mínima média e média), estado geral do tempo e radiação solar durante o período experimental. CEEC Canguiri, 1998.

Mês	Temperatura (° C)			Estado geral do tempo (dias)			Radiação solar (Cal.cm <sup>-2</sup> .d <sup>-1</sup> )		
	Máxima	Mínima	Média	Nublado	Encoberto	Claro	Maior	Menor	Média
Abril	22,2	14,7	17,6	8	22	0	387	83	256,18
Mai	18,0	7,8	12,0	13	17	1	370	46	216,26
Junho	18,1	7,8	12,0	15	13	2	270	39	192,23
Julho	18,3	9,3	13,1	11	18	1	290	14,6	176,05
Agosto	19,6	11,8	15,0	13	17	1	380	56	197,68
Setembro	18,6	11,8	14,7	6	23	1	450	14,0	187,46

Fonte: IAPAR – Instituto Agronômico do Paraná – BDA – Banco de Dados Agrometeorológicos.

Após o corte, as parcelas onde se realizavam as avaliações das variáveis morfológicas permaneciam duas semanas sem avaliações. Os períodos de avaliação em cada tratamento constam na Tabela 3.

Avaliaram-se somente as plantas em estágio vegetativo e definiu-se pelo final do período experimental quando 25% das plantas da área experimental atingissem o estágio reprodutivo. Dessa forma, as avaliações de morfogênese encerraram-se em 23/09/1998, onde os tratamentos 0, 75 e 150 kg de N.ha<sup>-1</sup> apresentavam florescimento.

TABELA 3 – Datas dos períodos de avaliação de variáveis morfológicas em função de níveis de nitrogênio (0 kg de N.ha<sup>-1</sup>, 75 kg de N.ha<sup>-1</sup>, 150 kg de N.ha<sup>-1</sup>, 225 kg de N.ha<sup>-1</sup> e 300 kg de N.ha<sup>-1</sup>). Centro de Estações Experimentais do Canguiri, (1998).

Período	Níveis de Nitrogênio (kg.ha <sup>-1</sup> )				
	0	75	150	225	300
1°	02/05 a 20/06	02/05 a 13/06	02/05 a 03/06	02/05 a 03/06	02/05 a 03/06
2°	01/07 a 01/08	24/06 a 01/08	17/06 a 18/07	17/06 a 11/07	17/06 a 11/07
3°	12/08 a 05/09	12/08 a 05/09	29/07 a 29/08	22/07 a 15/08	22/07 a 15/08

### 3.5.2 Acúmulo de matéria seca (MS) e determinação do índice de área foliar (IAF)

A partir de 29/04/1998 foram realizadas, semanalmente, às segundas-feiras, preferencialmente no horário da manhã, cortes rente ao solo em três parcelas da área experimental, onde foi coletado o material vegetal para avaliação do acúmulo de matéria

seca (MS), evolução do IAF e diluição de nitrogênio. Essas parcelas não se repetiram no tempo. Procurou-se representar com maior precisão possível a cobertura da cultura em cada período. Os períodos de avaliação para o ajuste da curva de diluição de nitrogênio variaram em função da quantidade de matéria seca acumulada, ficando defasados no tempo, quando a matéria seca atingisse, aproximadamente, 2.000 kg.ha<sup>-1</sup> era realizado o corte das parcelas, com estilete, a 10 cm do solo.

Nas amostragens para avaliação de MS e determinação do IAF foi utilizado um quadro de 0,50 m x 1,0 m dentro do qual as plantas foram cortadas com estilete, ao nível do solo. As amostras cortadas eram imediatamente acondicionadas em sacos plásticos, pesadas em balança eletrônica e guardadas sob refrigeração até o momento de se fazer as separações para leitura de IAF. As leituras de IAF foram realizadas no mesmo dia. Da matéria verde coletada, foi retirada uma sub-amostra de aproximadamente 200 g destinada à determinação do IAF.

Das amostras destinadas à determinação do IAF eram destacadas as folhas verdes sadias na altura da lígula. As folhas eram então colocadas entre plásticos transparentes e passadas através de um planímetro ótico. Separavam-se cerca de 150 a 200 cm<sup>2</sup> de folhas para leitura. Após a passagem no planímetro, as folhas e também os colmos foram imediatamente pesados em balança de precisão (0,002 g). Posteriormente ambos eram secos em estufas a 70° C para obtenção da massa seca de folhas e colmos com o objetivo de se obter a relação folha/colmo e o peso específico das folhas após medida em planímetro. O peso específico de folhas foi calculado através da equação:

$$\rho = mf/Af$$

onde  $\rho$  é o peso específico de folhas, mf a massa seca de folhas em gramas e Af a área foliar obtida no planímetro.

A partir dos valores obtidos e calculados para cada data de amostragem, de acúmulo de MS em g.m<sup>-2</sup>, porcentagem de folhas verdes (obtida da relação folha/colmo) e de  $\rho$  em g.cm<sup>-2</sup>, foi calculado o IAF pela seguinte fórmula:

$$\text{IAF} = (\text{MS} * \% \text{ de folhas verdes}) / (\rho * 100)$$

Para a estimativa da evolução do IAF foi utilizado o modelo linear entre o IAF e a soma térmica. Os resultados da determinação do IAF obtidos a cada semana e em todos os períodos de crescimento avaliados foram confrontados com o acúmulo de graus dia a partir de cada corte e a análise de regressão linear segundo o submodelo  $\text{IAF} = \alpha \cdot \Sigma \text{GD}$ .

As medidas de área foliar foram efetuadas no Laboratório de Fisiologia Vegetal do curso de Engenharia Florestal da UFPR.

As amostras secas, depois de pesadas para determinação da massa seca, foram moídas e acondicionadas em sacos plásticos para a determinação de N total. Foi utilizado o

método semimicro Kjeldahl, o qual se encontra descrito por Tedesco *et al.* (1995). Os resultados obtidos foram correlacionados à MS correspondente e confrontados ao modelo  $\%N = a (W)^{-b}$  proposto por Lemaire e Salette (1984), com os coeficientes propostos por Greenwood *et al.* (1990).

### 3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para análise estatística dos valores médios das variáveis descritas anteriormente, em função de doses de N e dos períodos de avaliação, utilizou-se a análise de variância (ANOVA) segundo modelo fatorial, realizando análise de regressão para os fatores que apresentaram interação.

Foi realizada análise de variância para os parâmetros e o teste de Tukey para comparação de médias.

Foram utilizados os programas *Statgraphics plus versão 4.1* para as análises estatísticas e *Sigma Plot versão 5.0* para elaboração de curvas representadas nas figuras.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 VARIÁVEIS MORFOGÊNICAS

#### 4.1.1 Taxa de Elongação Foliar (TEF)

A TEF apresentou valores maiores durante a primeira época de avaliação, embora as diferenças entre os tratamentos não tenham sido significativas (Tabela 4).

TABELA 4 – Taxa de alongação foliar ( $\text{mm.GD}^{-1}$ ) de perfilhos de azevém anual nos diferentes períodos de avaliação, em função de níveis de nitrogênio. CEEEx – UFPR, Piraquara – PR. 1998.

Níveis de nitrogênio ( $\text{Kg.ha}^{-1}$ )	Taxa de alongação foliar ( $\text{mm.GD}^{-1}$ )		
	Período 1	Período 2	Período 3
0	16,52 a	6,55 b	5,13 b
75	15,49 a	9,11 ab	5,12 b
150	15,90 a	10,83 a	8,47 a
225	17,73 a	10,50 a	6,05 b
300	16,68 a	9,74 ab	6,83 ab

Médias seguidas da mesma letra distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Essa resposta da TEF no primeiro período, embora não significativa entre os tratamentos, apresenta valores superiores ao segundo e terceiro períodos. Isso pode ser conseqüência de uma redução nos fatores do ambiente que afetou o crescimento como temperatura, luminosidade e disponibilidade de nitrogênio no segundo e terceiro períodos, insuficientes para manter crescimento do aparato foliar, conjugadas a elevadas taxas de expansão celular na fase inicial de desenvolvimento (Gastal e Nelson, 1994), pois o conteúdo de nitrogênio na zona de crescimento é altamente correlacionado com a TEF. Portanto, esse aumento na TEF no primeiro período deveu-se, provavelmente, ao aumento da divisão celular e alongamento celular (Volenc e Nelson, 1984 ; Roggatz *et al.* 1999) e possivelmente a ordem de aparecimento dos perfilhos.

A formação inicial do aparato foliar se traduz na geração de gemas axilares e iniciação da formação de folhas e perfilhamento, conseqüentemente no seu potencial de produção. Dessa forma verifica-se a importância da imediata disponibilidade de N já no

início do desenvolvimento vegetativo, quando o objetivo é maximizar a densidade de perfilhos e, assim, atingir rapidamente um IAF ótimo (Nabinger, 1996).

Pelo exposto, a TEF, durante o período final do outono e início do inverno, seria progressivamente limitada pelo decréscimo na temperatura. A partir do final de julho, as temperaturas tendem a aumentar e, nessas condições, o azevém apresenta uma capacidade de aumentar a TEF em resposta à adubação nitrogenada (Mazzanti *et al.* 1997).

Após o primeiro período de avaliação, os valores de TEF são menores devido a limitações de N, as quais tem como efeito uma redução no N disponível para permitir a formação do aparato foliar principalmente nos tratamentos 0 kg N.ha<sup>-1</sup> e 75 kg N.ha<sup>-1</sup>.

#### 4.1.2 Taxa de aparecimento de folhas (TAF)

Os valores obtidos para taxa de aparecimento de folhas (TAF) demonstraram diferenças significativas entre os níveis de N e períodos avaliados (Figura 2), havendo interação entre os fatores. As maiores diferenças foram observadas no primeiro período, onde esta apresentou um comportamento quadrático.

Nos tratamentos que receberam nitrogênio, no primeiro período, a TAF foi em média 40% superior à testemunha (0 kg N.ha<sup>-1</sup>). No segundo período a TAF ajustou-se melhor ao modelo linear, porém, os valores médios da TAF, em função dos níveis de N nesse período, não foram significativos.

A TAF foi influenciada da mesma maneira que a TEF no primeiro período de avaliação. No segundo e terceiro períodos não se constataram diferenças significativas, isso provavelmente pela maior distância a ser percorrida pela folha em expansão nos níveis de inserção superiores (Pinto *et al.* 1994), uma vez que no segundo e terceiro corte o aparato foliar já estava formado.

Como resultado do aumento da TAF nos maiores níveis de N, o intervalo de aparecimento de folhas (filocrono), em unidades térmicas, apresentou resultados significativos na primeira época (Figura 3).

O filocrono foi reduzido em média 27,76% quando comparados os níveis de 150 a 300 kg de N.ha<sup>-1</sup> em relação ao tratamento 0 kg de N.ha<sup>-1</sup> (Tabela 5). Essa redução no filocrono para os tratamentos com maiores níveis de nitrogênio tornou possível cortes mais freqüentes, principalmente pelo aumento na TEF.

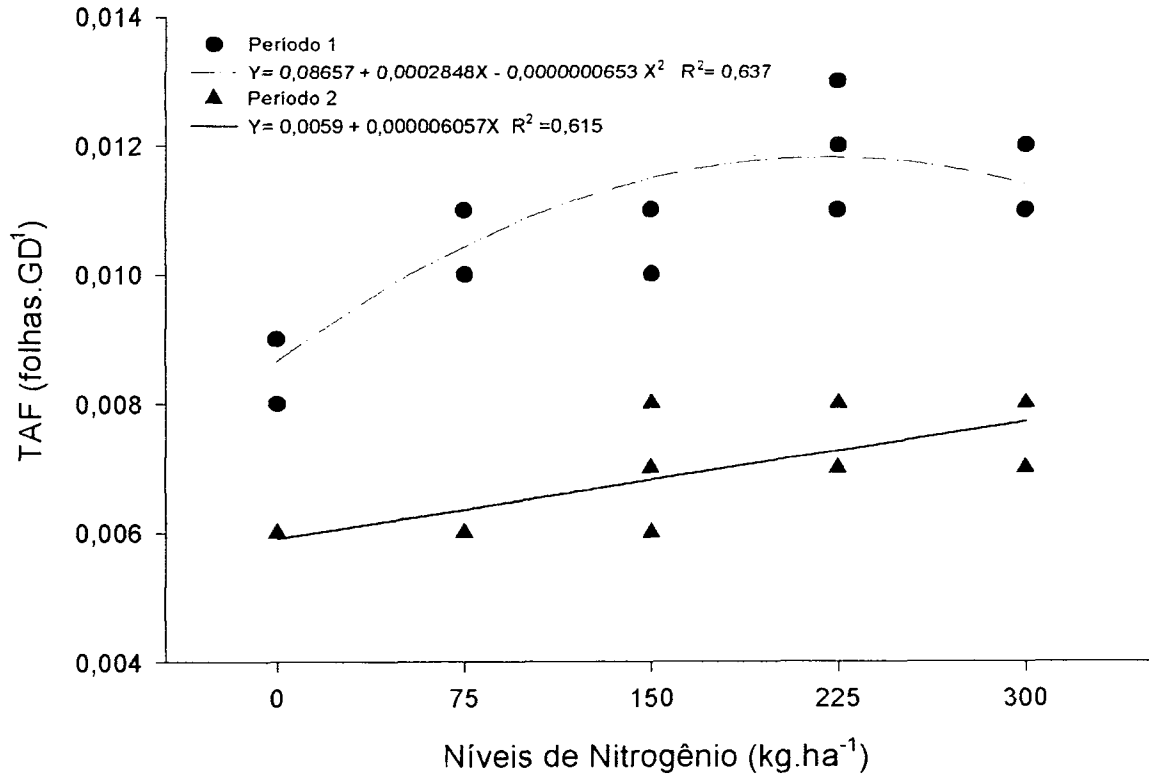


FIGURA 2 – Taxa de aparecimento de folhas (TAF) em azevém anual, cultivado sob níveis de adubação nitrogenada. CEEEx – UFPR, Piraquara – PR, 1998.

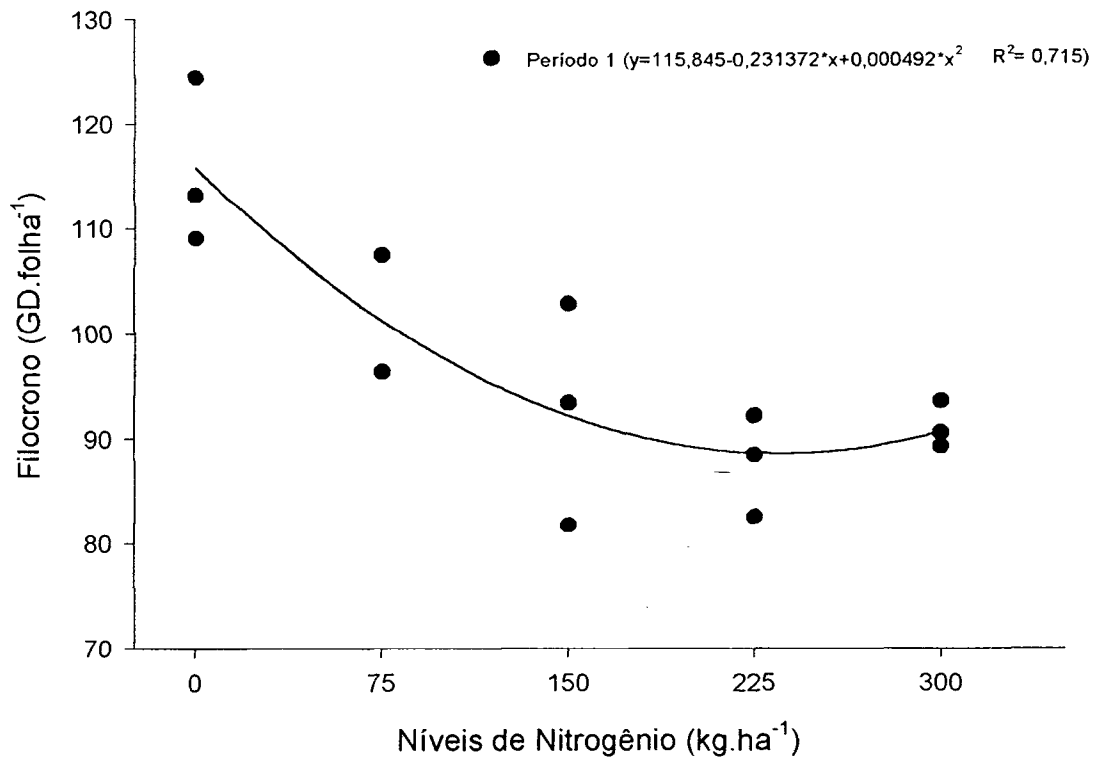


FIGURA 3 – Filocrono de azevém anual durante o primeiro período de avaliação em função de níveis de nitrogênio. CEEEx – UFPR, Piraquara, PR, 1998.

TABELA 5 – Filocrono de azevém anual nos diferentes períodos de avaliação, em função de níveis de nitrogênio. CEEEx – UFPR, Piraquara – PR. 1998.

Níveis de nitrogênio (Kg.ha <sup>-1</sup> )	Filocrono (GD.folha <sup>-1</sup> )		
	Período 1	período 2	Período 3
0	115,56 c	176,00 ns	191,69 ns
75	101,90 ab	162,90 ns	177,66 ns
150	92,64 a	156,35 ns	181,05 ns
225	87,68 a	153,22 ns	185,66 ns
300	91,14 a	146,04 ns	174,62 ns

Médias seguidas da mesma letra distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

#### 4.1.3 Número de folhas

Houve interação para o número de folhas completamente expandidas por perfilho, sendo significativa somente no segundo período de avaliação, a qual se ajustou melhor ao modelo linear (Figura 4).

Obteve-se, em média, 5,9; 4,7 e 4,5 folhas completamente expandidas ao final de cada período avaliado. Isso foi devido à redução nas TAF e TEF ao longo dos períodos. Também a altura de corte a 10 cm do solo, em todos os períodos, que pode ter removido muitas folhas completamente expandidas nos tratamentos que receberam N, restando folhas de extratos mais inferiores e com baixa capacidade fotossintética.

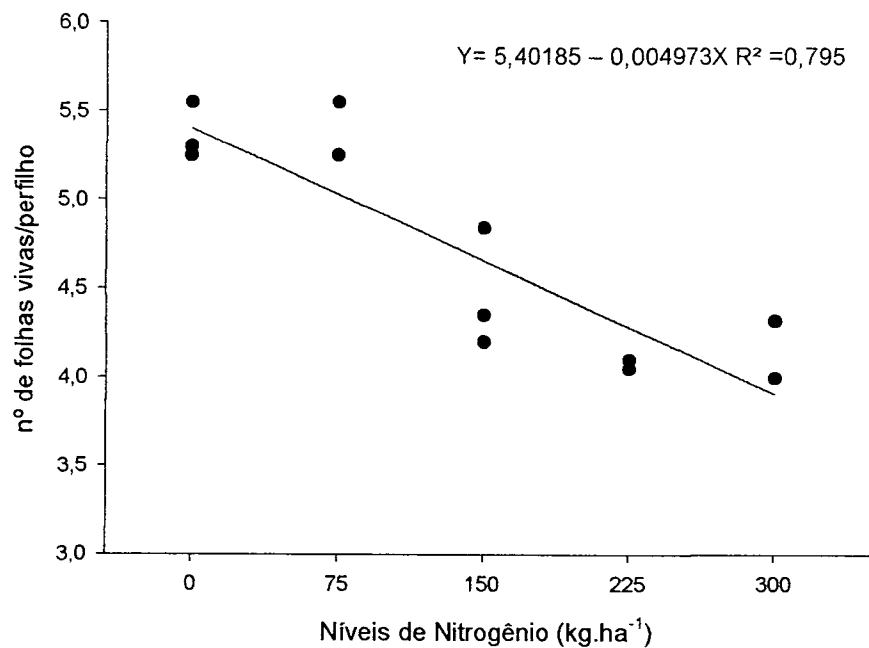


FIGURA 4 - Número de folhas verdes completamente expandidas ao final do segundo período de avaliação em função de níveis de nitrogênio. CEEEx – UFPR, Piraquara, PR, 1998.

#### 4.1.4 Taxa de senescência foliar (TSF)

A taxa de senescência foliar apresentou interação entre os tratamentos e os períodos de avaliação, sendo que seus efeitos foram significativos nos três períodos avaliados.

Pode-se notar pela Figura 5 os efeitos do N na senescência foliar. No primeiro período o tratamento 0 kg de N.ha<sup>-1</sup> apresentou os maiores valores para TSF, provavelmente porque para manter o aparato foliar, a planta translocou nitrogênio das folhas mais baixas (extrato inferior) para as mais novas, pois cerca de 80% do N das folhas do extrato inferior é recuperado pela planta para otimizar a fotossíntese do extrato superior (Durand *et al.* 1991). Dessa forma a senescência seria um mecanismo de conservação de nutrientes (Marriot *et al.* 1999).

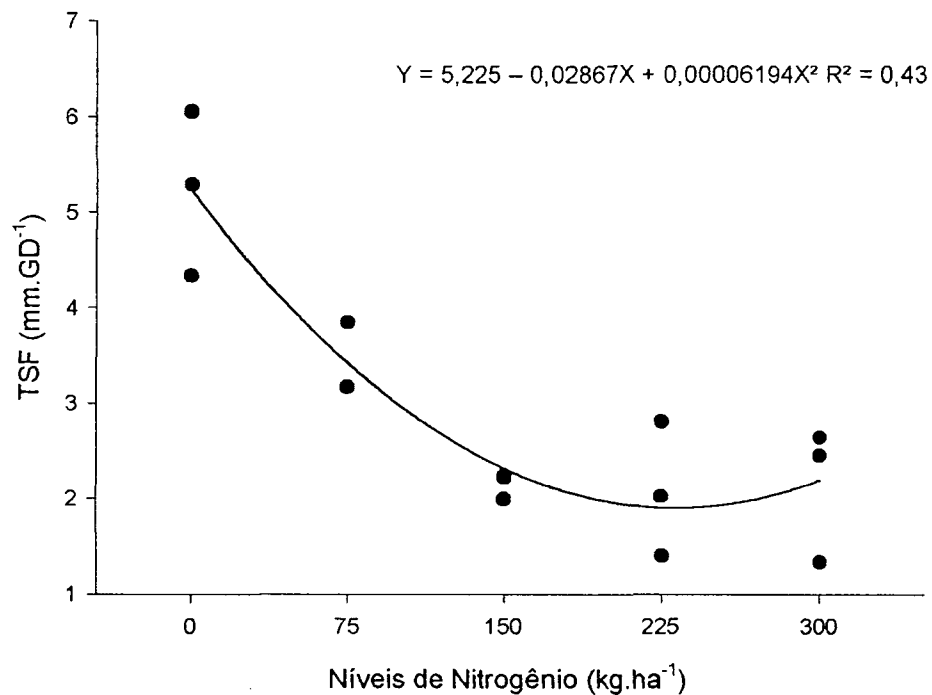


FIGURA 5 – Taxa de senescência foliar (mm. GD<sup>-1</sup>) em função de níveis de nitrogênio, durante o primeiro período de avaliação. CEEEx – UFPR, Piraquara, PR, 1998.

A partir do primeiro corte no tratamento 75 kg de N.ha<sup>-1</sup> (Figura 6) e no segundo corte no tratamento 150 kg de N.ha<sup>-1</sup> (Figura 7), houve a mesma tendência a aumentos na TSF devido à redução da disponibilidade de nitrogênio naqueles períodos, a qual não permitiu a manutenção do aparato foliar. Portanto, a remoção de folhas pelos cortes deve ter reduzido a quantidade de nitrogênio que poderia ser translocada na planta, bem como a capacidade do solo em fornecer nitrogênio parecem ter sido os responsáveis por estes aumentos na TSF.

Nos maiores níveis de nitrogênio (150, 225 e 300 kg de N.ha<sup>-1</sup>), não havendo restrições do nutriente, podem os valores de TSF ser devidos principalmente a competição por luz, pois nesses níveis as plantas apresentavam um estado geral mais vigoroso, apresentando maior número de perfilhos e também maiores lâminas foliares e, conseqüentemente, maior densidade de folhas.

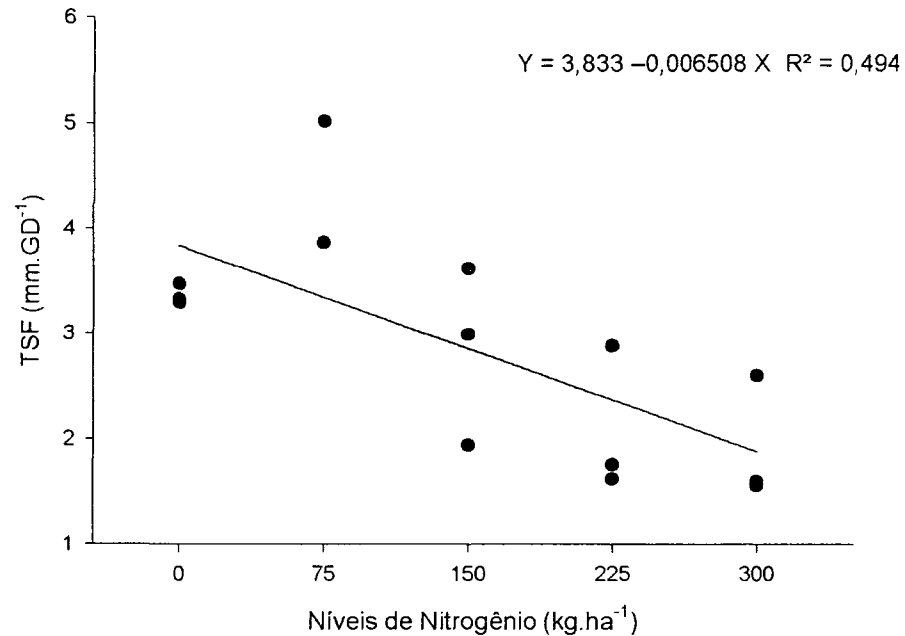


FIGURA 6 – Taxa de senescência foliar (mm. GD<sup>-1</sup>) em função de níveis de nitrogênio, durante o segundo período de avaliação. CEEEx – UFPR, Piraquara, PR, 1998.

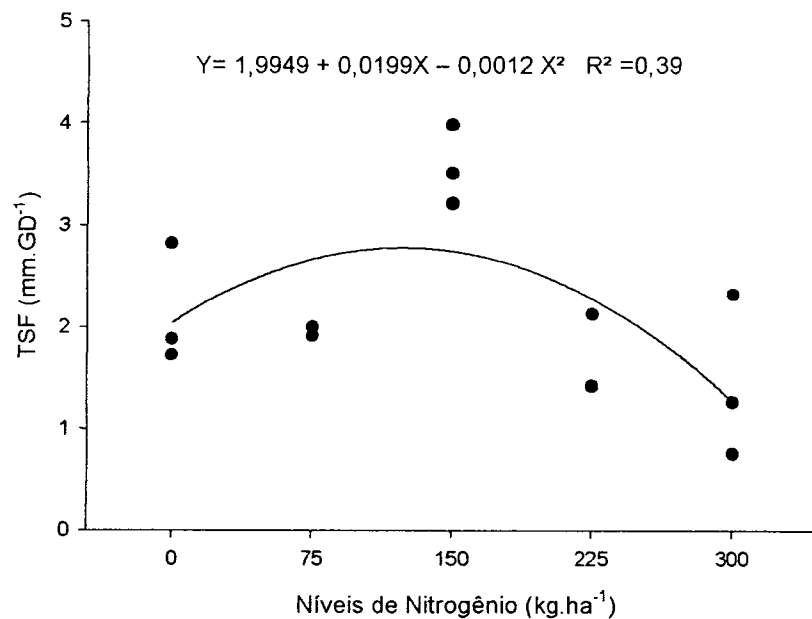


FIGURA 7 – Taxa de senescência foliar (mm. GD<sup>-1</sup>) em função de níveis de nitrogênio, durante o terceiro período de avaliação. CEEEx – UFPR, Piraquara, PR, 1998.

O número de folhas senescentes teve o mesmo comportamento da taxa de senescência (Figura 8), sendo que os tratamentos 0 e 75 kg de N.ha<sup>-1</sup> apresentaram em média 3,2 folhas senescentes ao final de cada período de avaliação, enquanto que 150 kg de N.ha<sup>-1</sup> apresentou 2,2 folhas e 225 e 300 kg de N.ha<sup>-1</sup> 1,8 folha.

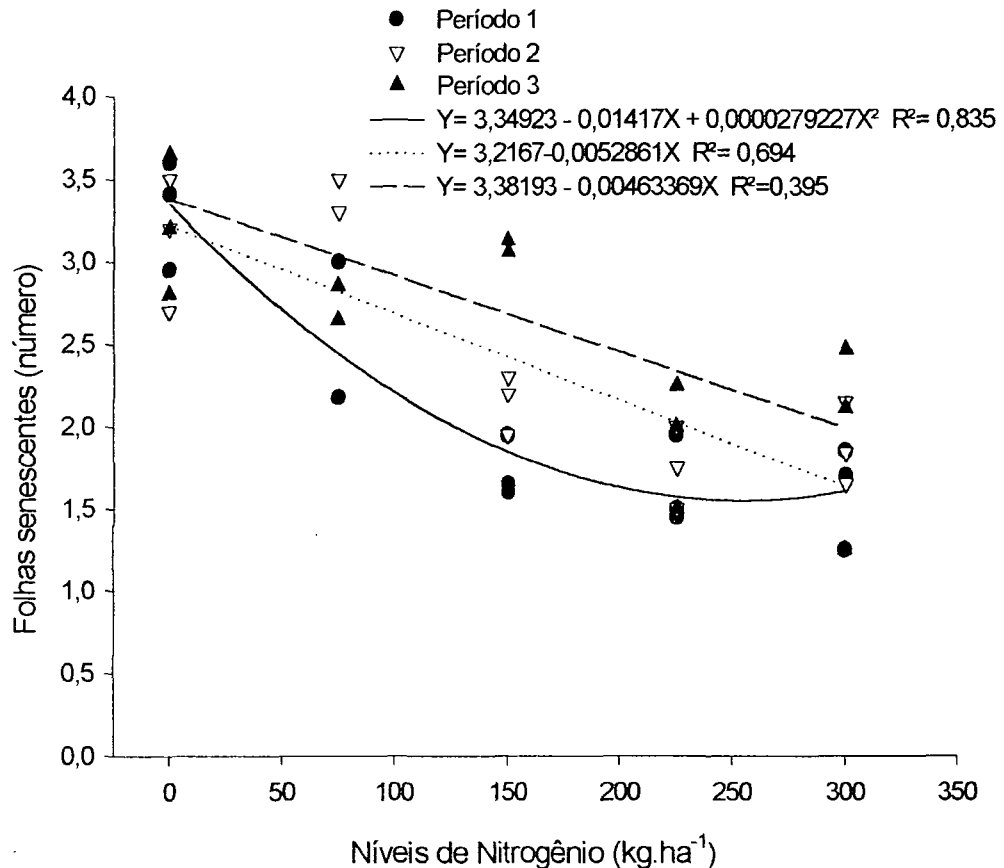


FIGURA 8 – Número de folhas senescentes nos períodos avaliados em função de níveis de nitrogênio. CEEEx – UFPR, Piraquara, PR, 1998.

#### 4.1.5 Comprimento da lâmina foliar e evolução do IAF

O comprimento da lâmina verde (Tabela 6) não apresentou interação, sendo significativa a diferença entre os tratamentos somente no segundo período. Esse resultado foi provavelmente em função de a TEF do segundo período também ter sido significativa, refletindo-se num maior comprimento de lâmina verde ainda nesse período. Após o terceiro corte, mudanças, provavelmente no *status* nitrogenado e modificações fisiológicas na prioridade de repartição de assimilados (indução ao florescimento), fizeram que houvesse também uma redução da lâmina foliar, uma vez que a prioridade já não seria a formação de área foliar, mas de estruturas de reprodução.

TABELA 6 – Comprimento total de lâminas verdes por perfilho, em centímetros, de azevém anual nos diferentes períodos de avaliação, em função de níveis de nitrogênio. CEEEx – UFPR, Piraquara – PR. 1998.

Níveis de nitrogênio (Kg.ha <sup>-1</sup> )	Comprimento de Lâminas (cm)		
	Período 1	Período 2	Período 3
0	63,04 a	38,99 b	34,65 a
75	67,14 a	42,31 ab	33,79 a
150	73,10 a	56,44 ab	44,74 a
225	84,24 a	60,21 a	41,81 a
300	75,95 a	53,13 ab	42,05 a

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Os valores do índice de área foliar, quando confrontados com a soma térmica para o período de estabelecimento, da emergência ao primeiro corte, ajustaram-se melhor ao modelo exponencial  $IAF = a \exp^{(b \cdot ST)}$ , obtendo-se as equações da Tabela 7.

TABELA 7 – Equações e coeficiente de determinação ajustado (R<sup>2</sup>) da evolução do IAF durante o primeiro período de avaliação, de azevém anual, em função da soma térmica nos diferentes níveis de nitrogênio. CEEEx – UFPR, Piraquara – PR, 1998.

Níveis de Nitrogênio (kg de N.ha <sup>-1</sup> )	Equação	R <sup>2</sup>
0	$IAF = 0,3366 \exp^{0,00033 ST}$	0,800
75	$IAF = 0,4278 \exp^{0,0039 ST}$	0,775
150	$IAF = 0,4635 \exp^{0,0055 ST}$	0,900
225	$IAF = 0,6071 \exp^{0,0049 ST}$	0,786
300	$IAF = 0,912 \exp^{0,0039 ST}$	0,768

Observando a Figura 9, poder-se-ia ajustar um modelo único para o IAF durante o período de estabelecimento para os níveis 150, 225 e 300 kg de N.ha<sup>-1</sup>, os quais demonstram que a montagem do aparato foliar é muito lenta nos menores níveis de N (Viegas, 1998).

Os dados de IAF para o estabelecimento demonstram que houve limitação da disponibilidade de N no primeiro crescimento para os tratamentos 0 e 75 kg de N.ha<sup>-1</sup>, sendo mais severa no tratamento 0 kg de N.ha<sup>-1</sup> a partir de 600 GD. Observando esse fato, nota-se a importância da aplicação imediata do N já no momento do corte ou início do desenvolvimento vegetativo, quando o objetivo é maximizar a densidade de perfilhos e assim permitir que a planta atinja rapidamente um IAF ótimo. Isso se deve ao fato de que o aparecimento de cada nova folha é acompanhado de uma nova haste potencial cujo desenvolvimento depende do nível de iluminação da base da cobertura vegetal, portanto do índice de área foliar (Nabinger, 1996).

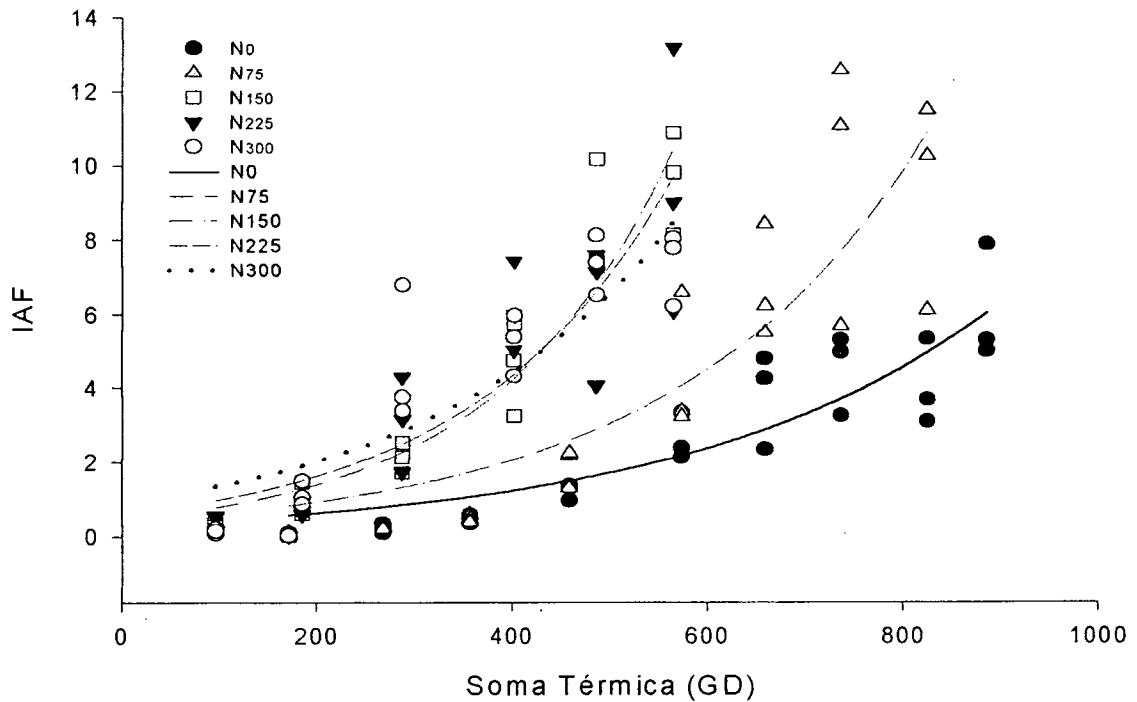


FIGURA 9 – Evolução do índice de área foliar para diferentes níveis de nitrogênio no azevém comum em função da soma térmica acumulada durante o primeiro período de avaliação (estabelecimento). CEEEx – UFPR, Piraquara, PR, 1998.

A evolução diferencial que teve o IAF com os níveis de N se explica principalmente pelo efeito que o N tem sobre as variáveis morfogênicas (TAF e TEF) e estruturais da pastagem (comprimento da lâmina foliar, densidade de perfilhos) (Mazzanti, 1997) e o papel que o IAF exerce sobre a quantidade de energia fotossinteticamente ativa responsável pela repartição de assimilados necessários para a formação da massa de forragem.

Para o rebrote, o modelo que se ajustou à evolução do IAF em função da soma térmica foi o linear. Porém os dados são divergentes aos de Viegas (1998) que também ajustou o rebrote pelo modelo linear, o qual optou por um ajuste pela origem, uma vez que o intercepto não apresentou significância ( $P > 0,05$ ). No presente trabalho o intercepto foi significativo ( $P < 0,05$ ), porém optou-se pelo uso do modelo desconsiderando-se o intercepto, pois a partir do rebrote deve-se considerar o IAF desse período a partir do IAF residual, ou seja o IAF que restou após o corte. Para tanto o modelo proposto foi:

$$\text{IAF} = b \cdot \text{ST} - r$$

Os coeficientes angulares obtidos nas equações (Tabela 8) são bastante semelhantes a 0,017612 obtido por Viegas (1998) para azevém adubado com 250 kg N.ha<sup>-1</sup>. Os níveis 0 e 75 kg de N.ha<sup>-1</sup> já não seguem o modelo de crescimento dos maiores níveis

225 e 300 kg de N.ha<sup>-1</sup>. Isso pode estar relacionado a uma redução no conteúdo de N no tecido vegetal o qual começaria a ser limitante ao crescimento (Figura 10).

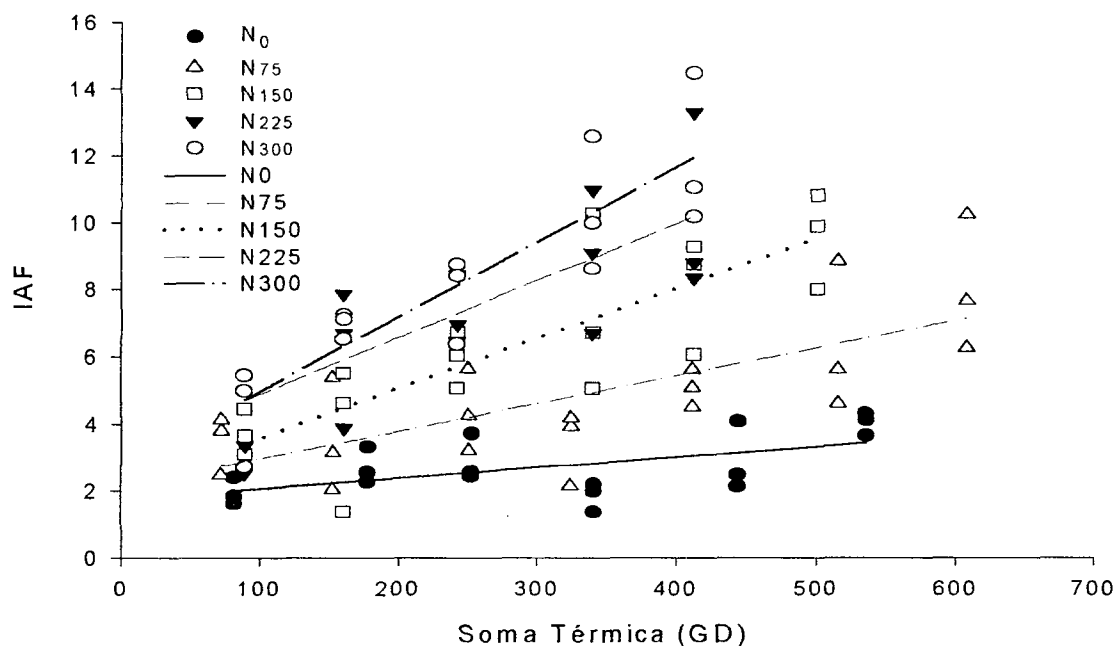


FIGURA 10 - Evolução do índice de área foliar dos diferentes níveis de nitrogênio de azevém comum em função da soma térmica acumulada durante o segundo período de avaliação (primeiro rebrote). CEEEx – UFPR, Piraquara, PR, 1998.

TABELA 8 – Equações e coeficiente de determinação ajustado ( $R^2$ ) da evolução do IAF durante o segundo período de avaliação, de azevém anual em função da soma térmica nas diferentes níveis de nitrogênio. CEEEx – UFPR, Piraquara – PR, 1998.

Níveis de Nitrogênio (kg de N.ha <sup>-1</sup> )	Equação	$R^2$
0	ns	-
75	IAF= 2,177 + 0,00824 x - r	0,516
150	IAF= 2,118 + 0,01483x - r	0,680
225	IAF= 3,209 + 0,01696x - r	0,540
300	IAF= 2,759 + 0,0223x - r	0,784

Para o segundo rebrote, terceiro período de avaliação de morfogênese (Tabela 9), os valores dos coeficientes angulares foram bastante inferiores aos do primeiro rebrote. Isso seria indicativo de uma modificação no padrão de alocação de carbono em direção a formação de estruturas reprodutivas, ocorrendo uma desaceleração na taxa de aparecimento de folhas, sendo que o perfilho induzido não produz mais folhas e passa a formação de inflorescências e não mais a continuidade da montagem do aparato foliar

(Viegas, 1998). Os valores encontrados para taxa de formação do IAF após o rebrote estão compatíveis com os observados em outros experimentos, 0,0092 (Gosse *et al.*, 1994) e 0,0038 (Pandolfo, 1995) para alfafa, 0,0046 para *Paspalum notatum* (Costa, 1997). Somente o nível 300 kg de N.ha<sup>-1</sup> apresentou o valor de coeficiente angular próximo ao do primeiro rebrote (0,0112), indicando que a planta neste nível de condição nitrogenada ainda não apresentava restrições à formação do IAF e, portanto, estava no período vegetativo. Isso reflete a condição encontrada no campo, onde o final do período vegetativo para os tratamentos 225 e 300 kg de N.ha<sup>-1</sup> se deu por volta do dia 05/10/1998, enquanto que 0, 75 e 150 kg de N.ha<sup>-1</sup> apresentaram florescimento próximo ao dia 23/09/1998.

As equações entre IAF e soma térmica não foram significativas para 75 e 225 kg de N.ha<sup>-1</sup>, devido a grande variação dos pontos amostrados e, muito provavelmente, devido a erros na coleta das amostras, não se enquadrando esses níveis ao modelo linear proposto.

TABELA 9 – Equações e coeficiente de determinação ajustado (R<sup>2</sup>) da evolução do IAF durante o segundo período de avaliação, de azevém anual em função da soma térmica nas diferentes níveis de nitrogênio. CEEEx – UFPR, Piraquara – PR, 1998.

Níveis de Nitrogênio (kg de N.ha <sup>-1</sup> )	Equação	R <sup>2</sup>
0	IAF= 1,4748 + 0,00418x	0,463
75	ns	-
150	IAF= 2,4291 + 0,00344 x	0,316
225	ns	-
300	IAF= 2,4671 + 0,01121x	0,597

Os dados de IAF para o terceiro período (Figura 11) reforçam o momento pelo qual a morfogênese foi encerrada, pois já indicava que as plantas nos níveis 0 e 75 kg de N.ha<sup>-1</sup> encontravam-se em diferenciação para o florescimento, momento em que o experimento foi finalizado. Os níveis 225 e 300 kg de N.ha<sup>-1</sup> puderam ser avaliados até 05/10, onde se observou que mais de 25% das plantas destes tratamentos já apresentavam inflorescências ou a presença da folha bandeira.

Os dados indicam que o desenvolvimento foliar do azevém está intimamente ligado à expressão da diluição de N no tecido vegetal, que demonstra claramente que a limitação na nutrição da planta compromete o potencial de crescimento (Viegas, 1998), limitando provavelmente a quantidade e a eficiência da radiação fotossinteticamente ativa utilizada pela planta para a formação de biomassa.

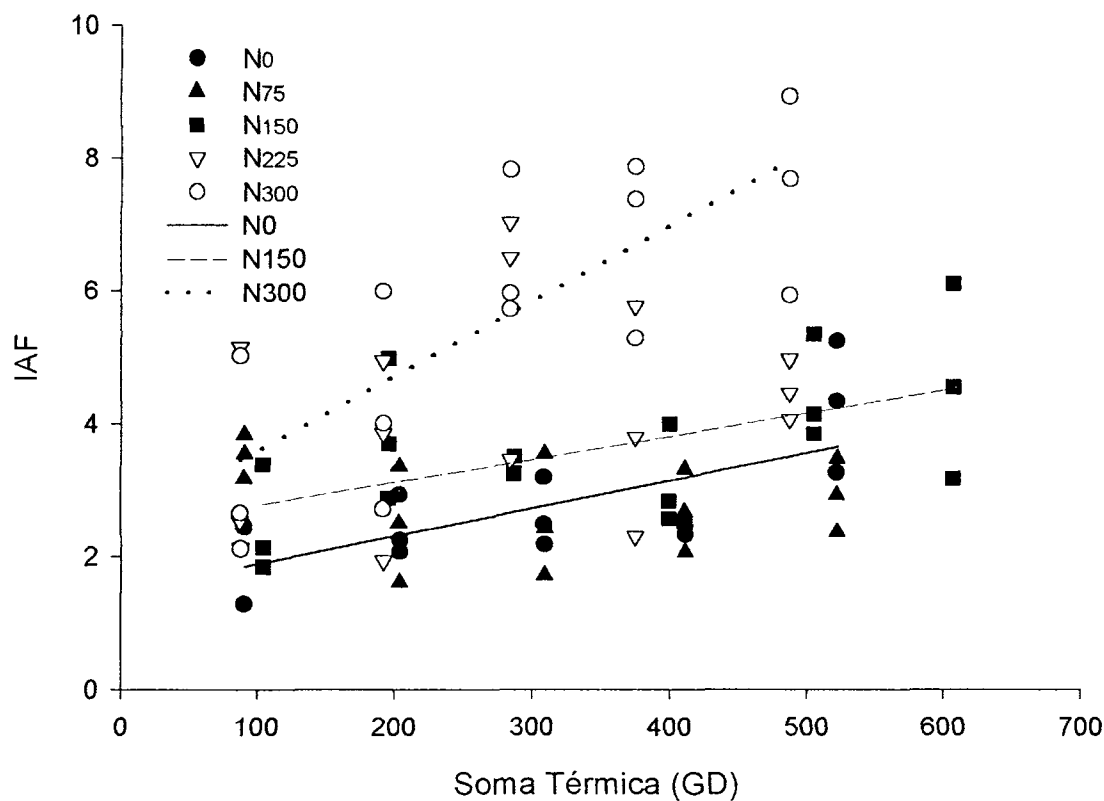


FIGURA 11 – Evolução do índice de área foliar dos diferentes níveis de nitrogênio de azevém comum em função da soma térmica acumulada durante o terceiro período de avaliação (segundo rebrote). CEEEx – UFPR, Piraquara, PR, 1998.

Os valores de IAF no momento do corte no primeiro período e no segundo período ficaram acima de 8,0 podendo chegar a 14,0 para os níveis 225 e 300 kg de N.ha<sup>-1</sup>, porém, parece questionável a manutenção de um IAF superior a 5,0, uma vez que acima desse valor pode ocorrer sombreamento excessivo de folhas nos extratos inferiores, com diminuição na eficiência de absorção e início de senescência. Dessa forma os maiores níveis de N já teriam ultrapassado o valor de IAF considerado ótimo, quando o máximo da eficiência de absorção da radiação por área foliar estaria ocorrendo (Viegas, 1998). Portanto, a continuidade da evolução do IAF para esses níveis não estariam trazendo benefícios em termos de incremento na absorção de radiação.

Pelo exposto, o IAF é a variável mais pertinente à caracterização da condição da pastagem, e o entendimento de sua dinâmica é fundamental no manejo das desfolhações (Nabinger, 1996), não somente nas práticas de manejo, mas também na melhor utilização de recursos do ambiente.

#### 4.1.6 Taxa de aparecimento de perfilhos (TAP)

Não houve interação quanto ao número de perfilhos entre os tratamentos e as épocas estudadas, apresentando somente diferença significativa entre tratamentos no terceiro período (Tabela 10)

TABELA 10 – Número médio de perfilhos de azevém anual nos diferentes períodos de avaliação, em função de níveis de nitrogênio. CEEEx – UFPR, Piraquara – PR. 1998.

Níveis de nitrogênio (Kg.ha <sup>-1</sup> )	Número perfilhos		
	Período 1	Período 2	Período 3
0	11,39 ns	12,07 ns	8,76 c
75	13,70 ns	15,02 ns	11,12 bc
150	11,66 ns	16,05 ns	10,99 bc
225	16,36 ns	22,20 ns	22,80 a
300	13,63 ns	21,76 ns	19,63 ab

Médias seguidas da mesma letra distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Já a taxa de aparecimento de perfilhos apresentou interação entre os tratamentos e os períodos de avaliação, sendo significativa no primeiro e segundo período de avaliação (Figura 12). As taxas de aparecimento de perfilhos foram cerca de 50% maiores no primeiro período em relação ao segundo, acompanhadas por aumentos na TAF, pois o nitrogênio afeta diretamente a ativação de meristemas potencialmente produtores de novos indivíduos (Whitehead, 1995) e também pelo efeito indireto da TAF a qual gera um maior número de sítios produtores de perfilhos (Lattanzi et al., 1997).

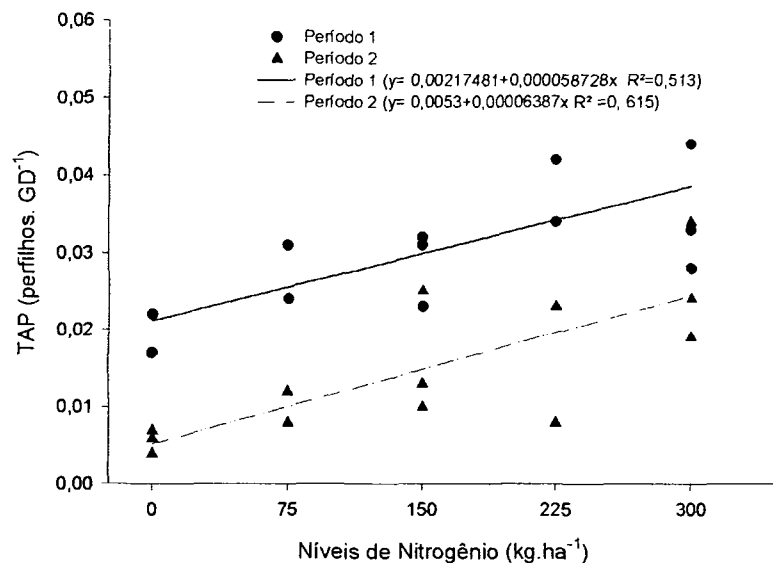


FIGURA 12 – Taxa de aparecimento de perfilhos (perfilhos. GD<sup>-1</sup>) em função de níveis de nitrogênio, durante o primeiro e segundo período de avaliação. CEEEx – UFPR, Piraquara, PR, 1998.

Pode-se observar, na Figura 13, que no primeiro período a taxa de aparecimento de perfilhos é maior devido a formação do aparato foliar, sendo que a acumulação de forragem não havia limitado a entrada de luz na base do dossel vegetativo, uma vez que o potencial de perfilhamento é determinado pela velocidade de emissão de novas folhas, pois para cada folha formada corresponde a geração de uma ou mais gemas axilares (Nabinger, 1996).

Foram necessários de 24 a 29 GD para o aparecimento de perfilhos nos tratamentos 225 e 300 kg de N.ha<sup>-1</sup> no primeiro período, enquanto que o tratamento 0 kg de N.ha<sup>-1</sup> necessitou de 49,5 GD. No segundo período, os tratamentos 225 e 300 kg de N.ha<sup>-1</sup> necessitaram de 42,3 e 68,3 GD respectivamente e 0 kg de N.ha<sup>-1</sup>, 193,6 GD por perfilho, demonstrado que a condição nitrogenada já limitava a formação de novos perfilhos, restando à planta manter os perfilhos formados no período anterior.

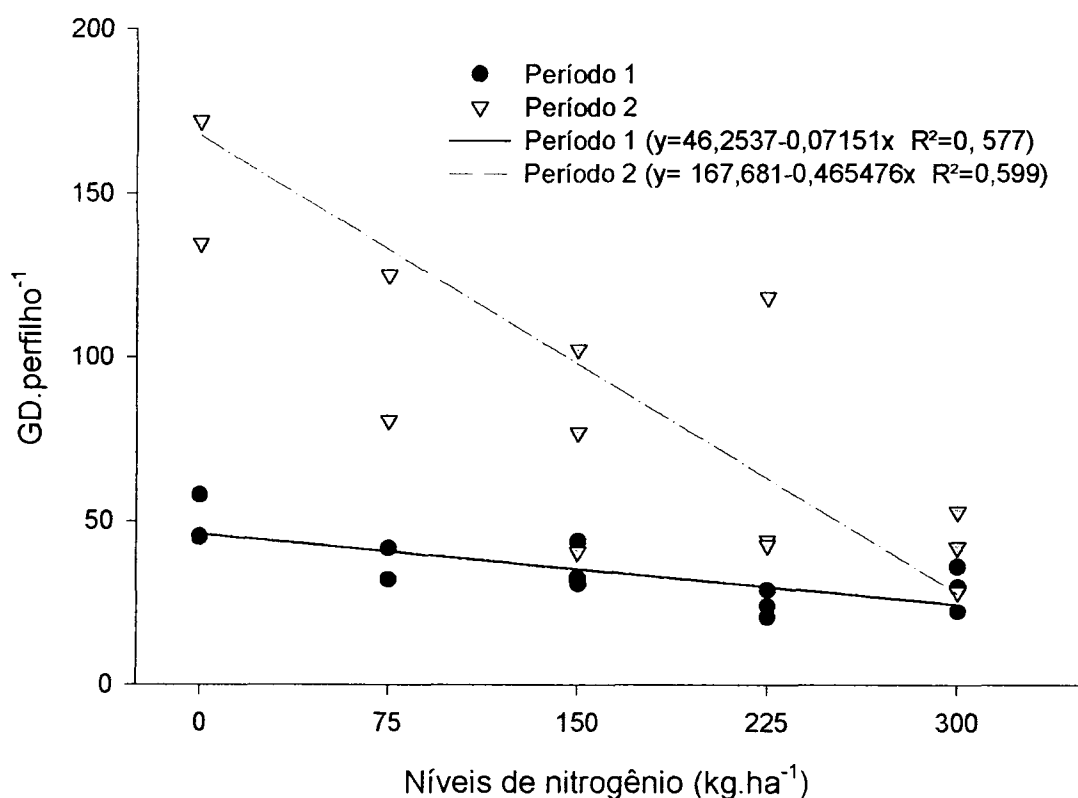


FIGURA 13 – Soma térmica necessária para o aparecimento de perfilhos (GD. perfilhos<sup>-1</sup>) em função de níveis de nitrogênio, durante o primeiro e segundo período de avaliações. CEEEx – UFPR, Piraquara, PR, 1998.

No terceiro período, a taxa de aparecimento de perfilhos foi nula ou negativa. Portanto, não houve a formação de novos perfilhos, mas sim a manutenção dos perfilhos já existentes ou a morte dos mesmos.

## 4.2 MODELOS DE DILUIÇÃO DE NITROGÊNIO E ACÚMULO DE MATÉRIA SECA

Os dados obtidos da porcentagem de diluição de N no tecido vegetal permitiu estabelecer modelos para os níveis de nitrogênio (Figura 14 e Tabela 11), os quais apresentaram-se próximos ao modelo de proposto por Lemaire e Salette (1984).

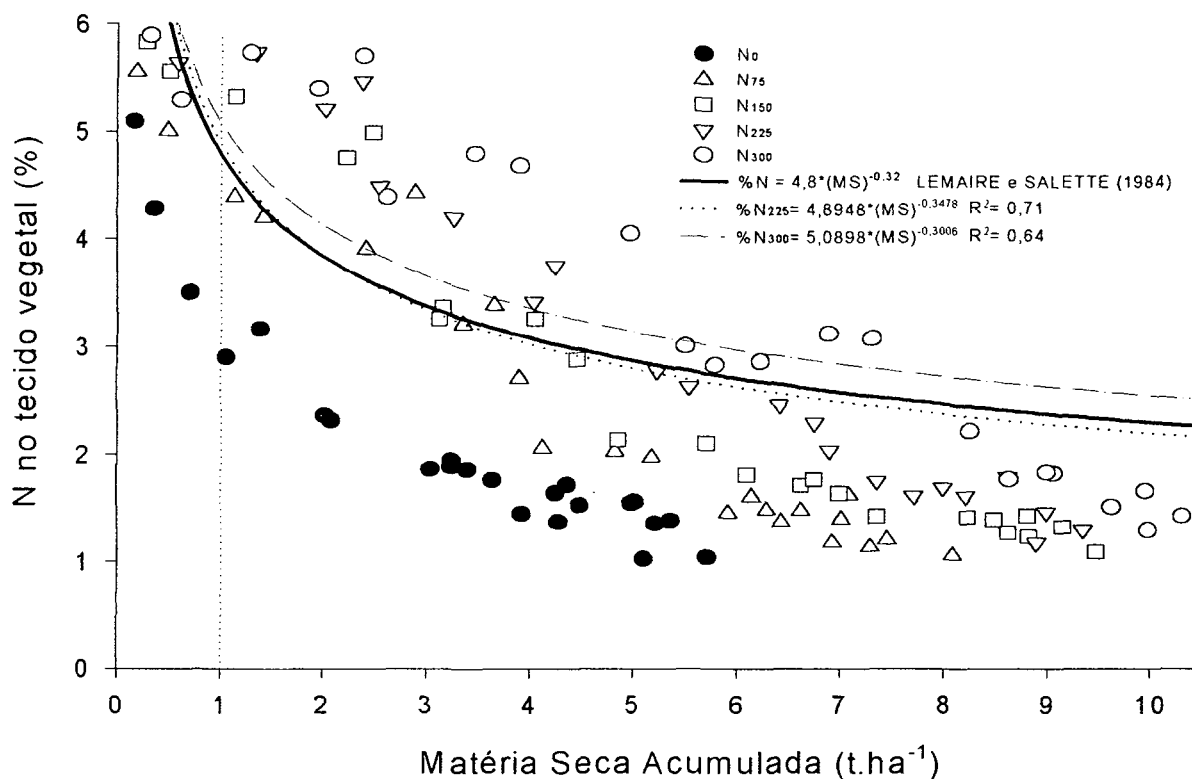


FIGURA 14 – Diluição de nitrogênio (%N no tecido vegetal) em forragem de azevém anual cv. comum sob diferentes níveis de nitrogênio, comparadas ao modelo de Lemaire e Salette (1984). CEEEx/UFPR – Piraquara, PR, 1998.

TABELA 11 – Equações de diluição de nitrogênio (%N no tecido vegetal) e coeficiente de regressão ajustado, em condições não limitantes ao crescimento do azevém. CEEEx/UFPR – Piraquara, PR, 1998.

Níveis de nitrogênio (Kg.ha <sup>-1</sup> )	Equações	R <sup>2</sup>
0	%N = 2,8269*(MS) <sup>-0,375</sup>	0,94
75	%N = 3,7216*(MS) <sup>-0,3395</sup>	0,71
150	%N = 4,3215*(MS) <sup>-0,3773</sup>	0,75
225	%N = 4,8948*(MS) <sup>-0,3478</sup>	0,71
300	%N = 5,0898*(MS) <sup>-0,3006</sup>	0,67

O coeficiente "a", concentração inicial de N, não limitante ao crescimento, foi o do nível de adubação nitrogenada de 225 kg N.ha<sup>-1</sup>, sendo o valor de "a" = 4,8948 e o

coeficiente de diluição de  $-0,3478$ . Estes valores são coincidentes com o modelo de Lemaire e Salette (1984).

Os coeficientes de “a” e “b” são próximos ao encontrados em outros experimentos, como por exemplo: Viegas (1998) onde  $a = 4,6$  e  $b = - 0,3$  para os níveis N225, N250 e N300 para azevém anual; Colnenne *et al.* (1998) com  $a = 4,48$  e  $b = - 0,25$  para canola.

Os níveis 150, 225 e 300 kg N.ha<sup>-1</sup> não apresentaram, dessa forma, limitação ao acúmulo de biomassa, pois os valores de “a” (concentração inicial de N) são superiores ao valor de 4,2 que, segundo Marino *et al.* (1996), é a concentração inicial de N que permite acúmulos de forragem próximos ao potencial da cultura do azevém em condições não limitantes.

Os resultados obtidos para 0 e 150 kg N.ha<sup>-1</sup> do experimento são superiores aos encontrados por Viegas (1998), uma vez que este autor fez aplicações parceladas de N e também em épocas mais tardias, que correspondiam ao pleno desenvolvimento vegetativo deste experimento. O cultivo do azevém nesse experimento correspondeu a melhor época, ou a mais indicada para seu cultivo, uma vez que a concentração crítica de N da planta corresponde à otimização do N absorvido pela cultura para maximizar a interceptação da luz e acumulação de biomassa. Como consequência, o modelo de diluição de nitrogênio é restrito até o início do período de desenvolvimento de órgãos de estocagem (sementes ou tubérculos), os quais envolvem remobilização do N da parte vegetativa das plantas (Lemaire *et al.* 1995), provocando desvios no modelo proposto com o início do desenvolvimento reprodutivo.

As variações encontradas nos modelos são devidas ao manejo temporal do experimento (duração dos períodos de corte, sistema de preparo do solo, forma e época de aplicação do N), estágio fenológico das plantas e variações ambientais como temperatura e radiação solar.

A aplicação em dose única para os níveis de N, aparentemente teve os mesmos efeitos que se aplicados em quantidades parceladas, a partir do nível 150 kg N.ha<sup>-1</sup> sob regime de cortes, já que não se observaram diferenças acima de 150 kg N.ha<sup>-1</sup> no acúmulo de MS (Tabela 13), sendo estes resultados compatíveis com os de Marino *et al.* (1996), Mazzanti (1997); Viegas (1998); Fernández Grecco (2000).

O azevém é considerado uma planta hiberna de desenvolvimento lento quanto à produção de forragem, porém, pode-se rapidamente antecipar a sua produção com o fornecimento de N nos períodos iniciais de desenvolvimento. Tal prática não é usual entre os produtores rurais. Mesmo entre os que utilizam adubação nitrogenada, os níveis utilizados estão abaixo das necessidades da cultura. Observando a Figura 15 e os dados da Tabela 12, o nível de adubação nitrogenada 75 kg de N.ha<sup>-1</sup> não limitaria o desenvolvimento do

azevém no primeiro período de avaliação, podendo considerá-la como uma quantidade inicial de N a ser aplicada caso se utilize a estratégia de adubações parceladas. Porém deve-se considerar a evolução inicial do aparato foliar (Figura 9), a qual pelos dados obtidos implica em maior acúmulo de temperaturas para que seja possível a primeira utilização da pastagem.

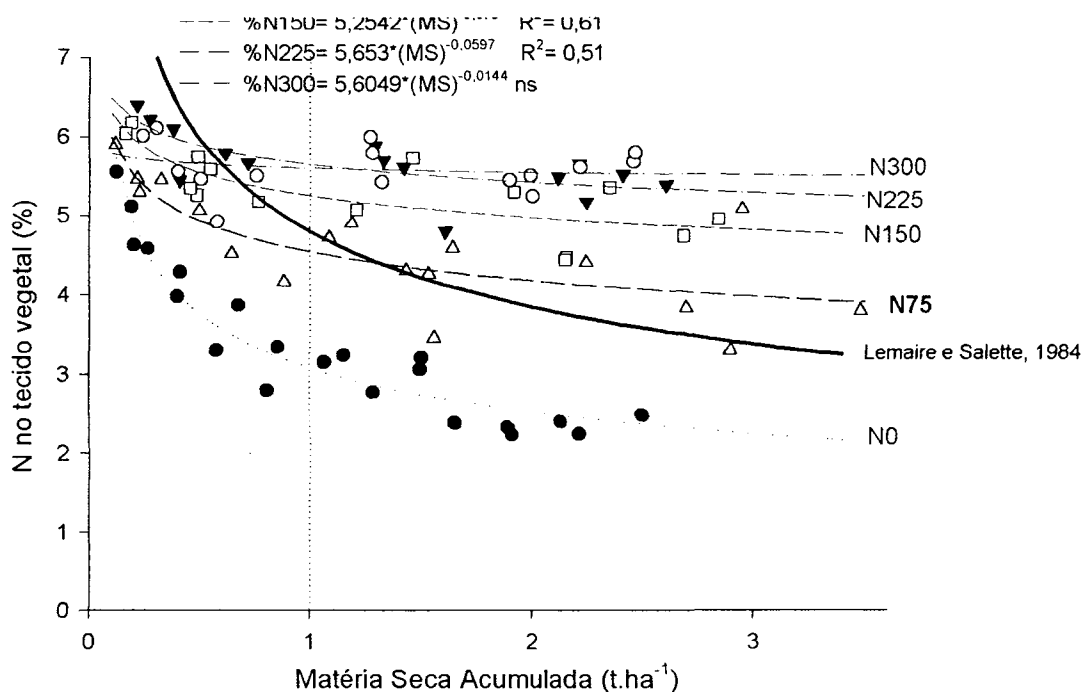


FIGURA 15 – Diluição de nitrogênio (%N no tecido vegetal) em forragem de azevém anual cv. comum comparadas ao modelo de Lemaire e Salette (1984) durante o primeiro período de avaliação. CEEEx/UFPR – Piraquara, PR, 1998.

TABELA 12 – Equações de diluição de nitrogênio (%N no tecido vegetal) e coeficiente de regressão ajustado, em condições não limitantes ao crescimento do azevém durante o primeiro período de avaliação. CEEEx/UFPR – Piraquara, PR, 1998.

Níveis de nitrogênio (Kg.ha <sup>-1</sup> )	Equações	R <sup>2</sup>
0	%N = $3,0781 \cdot (\text{MS})^{-0,2887}$	0,92
75	%N = $4,5399 \cdot (\text{MS})^{-0,1207}$	0,63
150	%N = $5,2542 \cdot (\text{MS})^{-0,079}$	0,61
225	%N = $5,653 \cdot (\text{MS})^{-0,0597}$	0,51
300	%N = $5,6049 \cdot (\text{MS})^{-0,0144}$	ns

ns = não significativo

É importante destacar o impacto da adubação nitrogenada na acumulação de forragem, uma vez que os tratamentos 150, 225 e 300 kg N.ha<sup>-1</sup> alcançaram uma acumulação de matéria seca 15 dias antes que o tratamento 0 kg N.ha<sup>-1</sup>, permitindo o primeiro corte 40 dias após a emergência e também uma ampliação no período de utilização de aproximadamente 20 dias. Marino et al. (1996), Mazzanti (1997), Fernández Grecco (2000) obtiveram uma antecipação na acumulação de matéria seca de 22 a 28 dias entre os

tratamentos que receberam N e a testemunha. Os incrementos de forragem obtidos não devem ser avaliados somente em termos de produção de biomassa aérea, mas também devem ser relacionados à precocidade e à duração do período vegetativo que se obtém com níveis de fertilização nitrogenada comparativamente aos tratamentos que receberam pequena dose de N ( $75 \text{ kg N.ha}^{-1}$ ) ou não receberam N ( $0 \text{ kg N.ha}^{-1}$ ).

A Tabela 13 apresenta a matéria seca acumulada sob os níveis de adubação nitrogenada nos períodos avaliados. A acumulação de forragem foi aumentada com os níveis de N e foi máxima para o nível de  $300 \text{ kg N.ha}^{-1}$ , porém, esta não foi estatisticamente diferente para os níveis  $150$  e  $225 \text{ kg N.ha}^{-1}$ . A quantidade de MS acumulada no período experimental para os tratamentos  $150$ ,  $225$  e  $300 \text{ kg N.ha}^{-1}$  foram em média  $69,83 \%$  maiores que  $0 \text{ kg N.ha}^{-1}$  e  $20,08 \%$  que  $75 \text{ kg N.ha}^{-1}$ .

TABELA 13 – Matéria seca acumulada de azevém anual nos diferentes cortes de avaliação, em função de níveis de nitrogênio. CEEEx – UFPR, Piraquara – PR. 1998.

Níveis de nitrogênio ( $\text{Kg.ha}^{-1}$ )	Matéria seca acumulada ( $\text{kg.ha}^{-1}$ )				
	corte 1	corte 2	corte 3	corte 4	Total
0	2076 a	1842 b	1107 b	692 c	5717 c
75	2411 a	3499 a	1181 b	990 c	8081 b
150	2480 a	3224 a	2524 a	1239 b	9467 ab
225	2377 a	2866 a	2115 a	1981 a	9339 ab
300	2380 a	3128 a	2741 a	2058 a	10307 a

Médias seguidas da mesma letra distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Considerando que a disponibilidade de água e outros nutrientes, bem como os efeitos da temperatura e do regime de radiação solar sobre o crescimento da biomassa aérea não foram limitantes no período em que se realizou o experimento, entende-se que a quantidade de nitrogênio aplicada condicionou o acúmulo de forragem do azevém anual.

## 5 CONCLUSÕES

O nitrogênio promoveu aumentos nas taxas de aparecimento e alongação foliar no período de estabelecimento do azevém, o que resultou em redução do filocrono. Isso faz com que as plantas reconstituam mais rapidamente o seu aparato foliar após o corte. Adubações nitrogenadas no início do desenvolvimento, auxiliariam a planta na programação de seu desenvolvimento.

A taxa de senescência foliar foi afetada pelos níveis de nitrogênio nos períodos avaliados, sendo a redução da disponibilidade do nutriente o fator que causou maior efeito nesta variável.

O IAF foi a variável que melhor caracterizou os efeitos da adubação nitrogenada, sendo de fundamental importância o seu conhecimento nas práticas de manejo sob cortes ou pastejo.

O número de perfilhos por planta não se altera entre os níveis de nitrogênio, existindo, portanto, efeitos de mecanismos de auto regulação quando as ofertas de N são abundantes ou escassas. Os maiores níveis somente tiveram uma vantagem a partir do terceiro corte, quando as plantas com níveis de N inferiores ao crítico já não conseguiam atender a demanda de manutenção do aparato foliar e, conseqüentemente, reduzindo seu número de perfilhos.

O desenvolvimento foliar do azevém está fortemente ligado ao conteúdo de nitrogênio no tecido vegetal. Deficiências na nutrição nitrogenada comprometeram o potencial de produção do azevém. Aplicações acima de 150 kg de N ha<sup>-1</sup> resultaram em elevados acúmulos de matéria seca.

O nível 225 kg de N.ha<sup>-1</sup> não limita o desenvolvimento do azevém nas condições do experimento, todavia, o nível 75 kg de N.ha<sup>-1</sup> não limitaria o desenvolvimento do azevém no início do seu período de crescimento, podendo considerá-la como a quantidade inicial de nitrogênio a ser aplicada quando se utilizar a estratégia de adubação parcelada.

## REFERÊNCIAS

- BÉLANGER, G. ; MCQUEEN, R.E. Leaf and stem nutritive value of Timothy grown with varying N nutrition in spring and summer. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 79, 223-229, 1999.
- BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: FUNEP, 1988. 41p.
- BROUGHAM, R.W. Effect of intensity of defoliation on regrowth of pasture. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.7, n.5, p. 377-387, 1956.
- CALOIN, M. ; YU, O. Analysis of the time-course of change in nitrogen content in *Dactylis glomerata* L. using a model of the plant growth. **Annals of botany**, v. 54, 69-76, 1984.
- CARRÉRE, P.; LOUAULT, F.; SOUSSANA, J.F. Tissue turnover within grass-clover mixed swards grazed by sheep. Methodology for calculating growth, senescence and intake fluxes. **Journal of Applied Ecology**, v. 34, p.333-348, 1997.
- CASEY, I.A.; BRERETON, A.J.; LAIDLAW, A.S.; MCGILLOWAY, D.A. Effects of sheath tube length on leaf development in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). **Annals of Applied Biology**, v. 134, 251-257, 1999.
- CHAPMAN, D; LEMAIRE, G. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: International Grassland Congress, 17, 1993, Palmerston North. **Proceedings...** p.95-104. 1993.
- COLLINS, R.P.; JONES, M.B. The effects of temperature on leaf growth in *Cyperus longus*, a temperate C<sub>4</sub> species. **Annals of Botany**, v.61, n.3, p.355-362, 1988.
- COLNENNE, C.; MEYNARD, J.M.; REAU, R.; JUSTES, E. ;MERRIEN, A. Determination of a critical nitrogen dilution curve for winter oilseed rape. **Annals of Botany**, v. 81, 311-317, 1998.

CRUZ, P. ; BOVAL, M. Effect of nitrogen on some morphogenetic traits of temperate and tropical perennial forages. In: LEMAIRE et al. (Ed.) **Grassland ecophysiology and grazing ecology**. CABI International, Wallingford, UK, 2000, p. 151-168.

DALE, J. E. **The growth of leaves**. London: Edward Arnold, 1982. 60p. (Studies in Biology, 137).

DAVIES, A. ; THOMAS H. Rates of leaf and tiller production in young spaced perennial ryegrass plants in relation to soil temperature and solar radiation. **Annals of Botany**, v.57, p.591-597, 1983.

DAVIES, A. The regrowth of grass swards. In: JONES M.B. e LAZEMBY A. (Ed.) **The physiological basis of production**. Chapman and Hall, London. p.85-127. 1988.

DAVIES, A. Leaf tissue remaining after cutting and regrowth in perennial ryegrass. **Journal of Agricultural Science**, v.82, n.1, p.165-172, 1974.

DURAND, J.L.; VARLET-GRANCHER, C.; LEMAIRE, G.; GASTAL, F.; MOULIA, B. Carbon partitioning in forage crops. **Acta Biotheorica**, v.39, p.213-224, 1991.

DURAND, J.L.; VARLET-GRANCHER, C.; LEMAIRE, G.; GASTAL, F.; MOULIA, B. Carbon partitioning in forage crops. **Acta Biotheorica**, v. 39, p. 213-224, 1991.

DURU, M; DUCROCQ, H. Growth and senescence of the successive grass leaves a tiller ontogenic development and effect of temperature. **Annals of Botany**, v. 85, p.635-643, 2000.

EGGERS, L. **Morfogênese e desfolhação de *Paspalum notatum* Fl. e *Coelorhachis selloana* (Hack.) Camus em diferentes níveis de oferta de forragem**. Porto Alegre, 1999. 148f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento de Solos. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná**. Curitiba: SUDESUL/ IAPAR, 1984. 2v. (Boletim Técnico, 27).

FERNÁNDEZ GRECCO, R. Efecto de la fertilización nitrogenada invernal sobre la acumulación de forraje de un pastizal natural de la pampa deprimida, Argentina. **Agricultura Técnica**, v.61, 319-325, 2001

FRANK A.B. ; BAUER, A. Phyllochron differences in wheat, barley and forage grasses. **Crop Science**, v.35, p.19-23, 1995.

FRANK A.B. ; HOFMAN, L. Light quality and stem numbers in cool-season forage grasses. **Crop Science**, v.34, p.468-473, 1994.

GASTAL F. ; BELANGER G. ; LEMAIRE, G. A model of the leaf extension rate of tall fescue in response to nitrogen and temperature. **Annals of Botany**, v.70, p.437-442, 1992

GASTAL, F. ; NELSON, C.J. Nitrogen use within the growing leaf blade of tall fescue. **Plant Physiology**, v.105, p.191-197, 1994.

GASTAL, F. ; NELSON, C.J. Nitrogen use within the growing leaf blade of tall fescue. **Plant Physiology**, v. 105, p. 191-197, 1994.

GASTAL, F.; DURAND, J.L. Effects of nitrogen and water supply on N and C fluxes and partitioning in defoliated swards. In: LEMAIRE et al. (Ed.) **Grassland ecophysiology and grazing ecology**. CABI International, Wallingford, UK, 2000, p. 15-40.

GASTAL, F.; SAUGIER, B. Relationships between N uptake and C assimilation whole plants of tall fescue. **Plant Cell Environ.**, v. 12, 407-418. 1989.

GOMIDE, J.A.; Morfogênese e análise de crescimento de gramíneas tropicais. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO 1.: 1997, Viçosa. **Anais**. Viçosa : Universidade Federal de Viçosa, 1997. p.411-429.

GOSSE, G.; VARLET-GRANCHER; BONHOMME, R.; CHARTIER, M.; ALLIRAND, J.M.; LEMAIRE, G. Production maximale de matière sèche et rayonnement solaire intercepté par un couvert végétal. **Agronomie**, v.6, p.47-56, 1986.

GRANT,S.A.; MARRIOTT, C.A. Detailed studies of grazed swards: techniques and conclusions. **Journal of Agricultural Science**, v.122, n.1, p 1-6, 1994.

GREENWOOD, D.J.; LEMAIRE, G.; GOSSE, G.; CRUZ,P,; DRAYCOTT, A.; NEETESON, J.J. Decline in percentage N of C3 and C4 crops with increasing plant mass. **Annals of Botany**. V. 66, p. 425-436. 1990.

GRINDLAY, D.J.C. SILVESTER-BRADLEY, R. SCOTT, R.K. Nitrogen uptake of young vegetative plants in relation to green area. **Journal of Science and Food Agriculture.**, v.63, 116-122. 1993.

GRINDLAY, D.J.C. Towards an explanation of crop nitrogen demand based on the optimisation of leaf nitrogen per unit leaf area. **Journal of Agricultural Science**, v.128, 377-396. 1997

HAY R.K.M.; KEMPR D.R. Primordium initiation at the stem apex as the primary event controlling plant development: preliminary evidence from wheat for the regulation of leaf development. **Plant Cell Environment**, v.13, p.1005-1008. 1990.

HIROSE, T.; WERGER, M.J.A.; PONS, T.L. VAN RHEENEN, W.A., Canopy structure and leaf distributin in stand of *Lysimachia vulgaris* L. as influenced by stand densety. **Oecologia**, v.77, 145-150. 1988.

HUNT, R. **Basic growth analysis: plant growth analysis for beginners**. London: Unwin Hyman, 1990. 112p.

HUNT, W. F.; FIELD, T.R.O. Growth characteristics of perennial ryegrass. In: **Proceedings of the New Zealand Grassland Association** v.40, p104-113, 1979.

ISHAG; H.M.; MOHAMED, B.A. Leaf development of spring wheat cultivars in an irrigated heat-stressed environment. **Field Crops Research**, v.58, p.167-175, 1998.

KIRBY E.J.M. Co-ordination of leaf emergence and leaf and spikelet primordium initiation in wheat. **Field Crops Research**, v.25, p.253-264, 1990.

LATTANZI, F.; MARINO, M.A. Fertilizer nitrogen and morphogenetic responses in *Avena sativa* and *Lolium multiflorum*. In: **International Grassland Congress, 18.:** 1997. **Proceedings**. Winnipeg, Saskatoon: International Grassland Association, 1997. Session 7, p.3-4.

LAWLOR, D.W. Photosynthesis, productivity and environment. **Journal of Experimental Botany**, 46:1449-1461, 1995.

LEMAIRE, G.; AGNUSDEI, M. Leaf tissue turn-over and efficiency of herbage utilisation. In: MORAES et al. (Ed.) **International Symposium Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology**, Curitiba, UFPR, 1999. p. 165-186 .

LEMAIRE, G.; AGNUSDEI, M. Leaf tissue turnover and efficiency of herbage utilization. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL "GRASSLAND ECOPHYSIOLOGY AND GRAZING ECOLOGY" (1.: Curitiba: 1999). **Anais Curitiba: UFPR**, 1999. p.165-183.

LEMAIRE, G.; CHAPMAN, D. Tissue fluxes in grazing plant communities. In: HODGSON, J., ILLIUS, A.W. (Ed.). **The ecology and management of grazing systems**. Wallingford: CAB International, 1996. p.3-36.

LEMAIRE, G.; CHAPMAN, D.; Tissue flows in grazed plant communities. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. (Ed.) **The ecology and management of grazing systems**. Guildford: CAB International, 1996. p. 3-36.

LEMAIRE, G; ONILLON, B.; GOSSE,G.; CHARTIER, M.; ALLIRAND, J.M. Nitrogen distribution whithing a Lucerne canopy during regrowth: relation with light distribution. **Annals of Botany**. V. 68, 483-488. 1991.

LEMAIRE, G; SALETTE, Relation entre dynamique de croissance et dynamique de prélevement d'azote pour un peuplement de graminées fourragères. 1. Etude de l'effet du milieu. *Agonomie*, v. .4,241-249. 1984.

LEMAIRE, G;; GASTAL, F. N Uptake and distribution in plant canopies. In: **Diagnosis of the nitrogen status in crops**. LEMAIER, G. (Ed.) Springer, Germany. p. 3-44. 1997.

LEMAIRE, G;; GASTAL, F.; PLENET, D. Dynamics of N uptake and N distribuitin in plant canopies. Use of crop N status index in crop modelling. In: **Diagnostic procedures for crop N management**. Poitiers (France), ed. INRA. p. 15-29. 1995.

LONGNECKER, N.; KIRBY, E.J.M.; ROBSON, A. Leaf emergence, tiller growth, and apical development of nitrogen – deficit spring wheat. **Crop Science**, v. 33, p. 154-160. 1993.

MAAK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. Curitiba: Banco de Desenvolvimento do Paraná, 1968. 350p.

MARINO , M.A.; MAZZANTI,A.; ECHEVERRIA, H.E.; ANDRADE, F. Fertilización nitrogenada de cultivos forrajeros invernales. 1. Acumulación de de forraje. **Revista Argentina de Produccion Animal**, v. 16, 248-249, 1996.

MARRIOT, C.A.; BARTHAM, G.T.; BOLTON, G.R. Seasonal dynamics of leaf extension and losses to senescence and herbivory in extensively managed sown ryegrass-white clover swards. **Journal of Agricultural Science**, v.132, p.77-89, 1999.

MARRIOTT, C.A.;BARTHAM, G.T.; BOLTON, G.R. Seasonal dynamics of leaf extension and losses to senescence and herbivory in extensively managed sown ryegrass-white clover sward. **Journal of Agricultural Science**, v.132, p.77-89, 1999.

MATHEW, C.; ASSUERO, S.G.; BLACK, C.K.; HAMILTON, N.R.S. Tiller dynamics of grazed sward. In: LEMAIRE et al. (Ed). **Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology**. Wallingford: CAB International, 2000, p. 127-150.

MATHEW, C; ASSUERO, S.G.; BLACK, C.K.; HAMILTON, N.R.S. Tiller dynamics of grazed swards. In: LEMAIRE et al. (Ed.) **Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology**. CABI International, Wallingford, UK, 2000, p. 127-150.

MAZZANTI A. ; LEMAIRE, G. Effect of nitrogen fertilisation on the herbage production of tall fescue swards grazed continuously with sheep. 2. Consumption and efficiency of herbage utilisation. **Grass and Forage Science** v.49, p.352-359, 1994b.

MAZZANTI A.; LEMAIRE, G. e GASTAL F. The effect of nitrogen fertilization upon herbage production of tall fescue swards grazed by sheep. 1. Herbage growth dynamics. **Grass and Forage Science**, v.49, p.111-120, 1994a.

MAZZANTI, A.; MARINO, M.A.; LATTANZI, F.; ECHEVERRIA, H.A.; ANDRADE, F. **Effecto de la fertilizacion nitrogenada sobre el crecimiento y la calidad del forraje de avena y raigrás anual en el sudeste bonaerense**. Estacion Experimental Agropecuaria, Balcarce – INTA, Argentina, 1997. 28p. (Boletín Técnico n.143).

MONTEITH, J.L.; Climate and the efficiency of crop production in Britain. **Philosophical Transaction of the Royal Society**, series B 281, p. 277-294, 1977.

MORAES, A.; MARASCHIN, G.E.; NABINGER, C. Pastagens nos ecossistemas de clima subtropical: Pesquisas para o desenvolvimento sustentável. In: SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSISTEMAS BRASILEIROS – PESQUISAS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL ANDRADE, R.P.; BARCELLOS, A.O.; ROCHA, C.M.C.(Ed.) , 27, 1995, Brasília. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1995. p. 147-200.

NABINGER, C. Princípios da exploração intensiva de pastagens. In: Peixoto, A.M; Moura, J.C.; Faria, V.P., (Ed.) **Produção de bovinos a pasto**. Anais do 13<sup>o</sup> Simpósio sobre manejo da pastagem. FEALQ, Piracicaba, 1996. p.15-95.

NABINGER, C.; PONTES, L.S. Morfogênese de plantas forrageiras e estrutura do pasto. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA (38.: Piracicaba: 2001) **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001. 1 CD-ROM.

NABINGER, C.; PONTES, L.S. Morfogênese de plantas forrageiras e estrutura do pasto. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA (38.: Piracicaba: 2001) **Anais**. Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001. 1 CD-ROM

NEUTEBOOM J.H. ; LANTINGA E.A. Tillering potential and relationship between leaf and tiller production in perennial ryegrass. **Annals of Botany**, v.62, p.265-270, 1989.

NOVOA, R. ; LOOMIS,R.S. Nitrogen and plant production. **Plant and Soil**. v 58, 177-204. 1981.

PANDOLFO, C. **Utilização da radiação solar e da temperatura do ar como variáveis de predição do rendimento de forragem de alfafa (*Medicago sativa* L.)**. Porto Alegre, 1995. 130p. Dissertação.(Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Agronomia – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

PARSONS A.J. ; ROBSON M.J. Seasonal changes in the physiology of S24 perennial ryegrass. 2. Potential leaf extension to temperature during the transition from vegetative to reproductive growth. **Annals of Botany**, v.46, p.435-444, 1980.

PAVAN, M.A. et al. **Manual de análise química de solo**. Londrina: IAPAR, 1991. 32p.

PEACOCK, J.M. Temperature and leaf growth in *Lolium perenne*. I. The Thermal microclimate: its measurement and relation to plant growth. **Journal of Applied Ecology**, v.12. p.115-123. 1975a.

PEACOCK, J.M. Temperature and leaf growth in *Lolium perenne*. II. The site of temperature perception. **Journal of Applied Ecology**, v.12, p.115-123, 1975 b.

PINTO, J. C.; GOMIDE, J.A.; MAESTRI, M.; LOPES, N.F. Crescimento de folhas de gramíneas forrageiras tropicais cultivadas em vasos, com duas doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.23, p.327-332, 1994.

PINTO, J.C.; GOMIDE, J.A.; MAESTRI, M. Produção de matéria seca e relação folha/colmo de gramíneas forrageiras tropicais, cultivadas em vasos, com duas doses de nitrogênio. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia.**, v.23, n.3, p. 313-326, 1994.

PONTES, L. S. **Dinâmica de crescimento em pastagens de azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.) manejadas em diferentes alturas**. Porto Alegre, 2000, 102 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Agronomia – Universidade Federal de Rio Grande do Sul.

ROBSON, M.J. A comparison of British and North American varieties of tall fescue. 1. Leaf growth during winter and the effect on it of temperature and daylength. **Journal of Applied Ecology**, v.4, p.475-484, 1967.

ROBSON, M.J. The growth and development of simulated swards of perennial ryegrass I. Leaf growth and dry weight changes as related to the ceiling yield of seedling sward. **Annals of Botany**, v.37, n.151, p. 487-500, 1973.

ROGGATZ, U. ; McDONALD, A.J.S.; STADENBERG, I. SCHURR, U. Effects of nitrogen deprivation on cell division and expansion in leaves of *Ricinus communis* L. **Plant Cell and Environment**, v. 22, 81-89, 1999.

ROVETTA, R.; PEREIRA, O.G.; HUAMAN, C.A.M.; FONSECA, D.M.; GARCIA, R.; OLIVEIRA, M.A.; CECON, P.R.; ALVES, M.J. Morfogênese foliar do capim-bermuda 'Tifton 85' sob diferentes doses de nitrogênio, colhido ao atingir 30, 40 e 50 cm de altura. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA (38.: Piracicaba: 2001) **Anais**. Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001. 1 CD-ROM.

SILSBURY, J. H. Leaf growth in pasture grasses. **Tropical Grassland**, v.4, n.1, p.17-36, 1970.

SIMON J.C.; LEMAIRE G. Tillering and leaf area index in grasses in the vegetative phase. **Grass and Forage Science**, v.42, p.373-380, 1987.

SKINNER R.H. ; NELSON C.J. Estimation of potential tiller production and site usage during tall fescue canopy development. **Annals of Botany**, v.70, p.493-499, 1992.

SKINNER R.H.; NELSON C.J. Elongation of the grass leaf and its relationship to the phyllochron. **Crop Science**, v.35, p.4-10, 1995.

SKINNER R.H.; NELSON C.J. Epidermal cell division and the coordination of leaf and tiller development. **Annals of Botany**, v.74, p.9-15, 1994 b.

SKINNER R.H.; NELSON C.J. Role of leaf appearance rate and the coleoptile tiller in regulating tiller production. **Crop Science**, v.34, p.71-75, 1994 a.

SKINNER R.H.; SIMMONS, S.R. Modulation of leaf elongation, tiller appearance and tiller senescence in spring barley by far-red light. **Plant Cell and Environment**, v. 16, 555-562, 1993

STODDART J.L.; THOMAS H.; LLOYD E.J. ; POLLOCK C.J. The use of a temperature-profiled position transducer for the study of low-temperature growth in *Gramineae*. **Planta**, v.167, p.359-363, 1986.

VIEGAS, J. **Análise do desenvolvimento foliar e ajuste de um modelo de previsão do rendimento potencial de matéria seca de azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.)**. Porto Alegre, 1998, 157f. Tese (Doutorado em Zootecnia, área de concentração plantas forrageiras) – Universidade Federal de Rio Grande de Sul.

VOLENEC, J.J.; NELSON, C.J. Carbohydrate metabolism in leaf meristems of tall fescue. II. Relationship to leaf elongation modified by nitrogen fertilization. **Plant Physiology**, v. 74, p. 595-600, 1984.

Vos, J. ; Biemond, H. Effects of nitrogen on the development and growth of the potato plant. I. leaf appearance, expansion growth, life span of leaves and stem branching. **Annals of Botany**, v. 70, 25-35. 1992.

WATSON, D.J. The physiological basis of variation in yield. **Advances in Agronomy**, v.4, p.101-145, 1952.

WHITEHEAD, D.C. **Grassland nitrogen**. CAB international, Wallingford, Oxon Ox 10 8DE, UK. 1995.

WILHELM, W.W.; McMASTER, G.S. Importance of the phyllochron in studying development and growth in grasses. **Crop Science**., v.35, n.1, p.1-3, 1995.

WILMAN, D.; FISCHER,A. Effects of interval between harvests and application of fertilizers N in spring on the growth of perennial ryegrass in a grass/white clover sward. **Grass and Forage Science**, v. 51, p.52-87, 1996.

## ANEXOS

## ANEXO 1 – Análise de variância para Taxa de Elongação Foliar (TEF) – Soma dos Quadrados Tipo III.

Fonte de variação	SQ	GL	Quadrado Médio	F	p
EFEITOS PRINCIPAIS					
Tratamentos	34,5086	4	8,62714	3,94	0,0120
Períodos	740,053	2	370,027	169,03	0,0000
INTERAÇÃO					
Tratamentos X Períodos	29,6968	8	3,71209	1,70	0,1452
RESÍDUO	59,1079	27	2,18918		
TOTAL (corrigido)	883,109	41			

SQ= Soma dos Quadrados , GL= Graus de Liberdade

## ANEXO 2 – Análise de variância para Taxa de Elongação Foliar (TEF) no primeiro período de avaliação – Soma dos Quadrados Tipo III.

Fonte de variação	SQ	GL	Quadrado Médio	F	p
EFEITOS PRINCIPAIS					
Tratamentos	7,70496	4	1,92624	0,47	0,7567
RESÍDUO	36,8488	9	4,09431		
TOTAL (corrigido)	44,5538	13			

SQ= Soma dos Quadrados , GL= Graus de Liberdade

## ANEXO 3 – Análise de variância para Taxa de Elongação Foliar (TEF) no segundo período de avaliação – Soma dos Quadrados Tipo III.

Fonte de variação	SQ	GL	Quadrado Médio	F	p
EFEITOS PRINCIPAIS					
Tratamentos	34,5984	4	8,64736	5,03	0,0209
RESÍDUO	15,4766	9	1,71962		
TOTAL (corrigido)	50,066	13			

SQ= Soma dos Quadrados , GL= Graus de Liberdade

## ANEXO 4 – Análise de variância para Taxa de Elongação Foliar (TEF) no segundo período de avaliação – Soma dos Quadrados Tipo III.

Fonte de variação	SQ	GL	Quadrado Médio	F	p
EFEITOS PRINCIPAIS					
Tratamentos	21,9109	4	5,47773	7,27	0,0067
RESÍDUO	6,78246	9	0,753606		
TOTAL (corrigido)	28,6934	13			

SQ= Soma dos Quadrados , GL= Graus de Liberdade

ANEXO 5 – Análise de variância para Taxa de Aparecimento Foliar (TEF) – Soma dos Quadrados Tipo III.

Fonte de variação	SQ	GL	Quadrado Médio	F	p
<b>EFEITOS PRINCIPAIS</b>					
Tratamentos	0,0000149048	4	0,00000372619	6,63	0,0007
Períodos	0,000177707	2	0,0000888535	158,18	0,0000
<b>INTERAÇÃO</b>					
Tratamentos X Períodos	0,000012	8	0,0000015	2,67	0,0266
<b>RESÍDUO</b>		27			
<b>TOTAL (corrigido)</b>	<b>0,0000151667</b>	<b>41</b>	<b>5,61728E-7</b>		

SQ= Soma dos Quadrados , GL= Graus de Liberdade

ANEXO 6 – Análise de variância para Filocrono – Soma dos Quadrados Tipo III.

Fonte de variação	SQ	GL	Quadrado Médio	F	p
<b>EFEITOS PRINCIPAIS</b>					
Tratamentos	2939,22	4	734,806	4,56	0,0060
Períodos	51774,0	2	25887,0	160,80	0,0000
<b>INTERAÇÃO</b>					
Tratamentos X Períodos	602,736	8	75,3419	0,47	0,8677
<b>RESÍDUO</b>	<b>4346,72</b>	<b>27</b>	<b>160,99</b>		
<b>TOTAL (corrigido)</b>	<b>61665,5</b>	<b>41</b>			

SQ= Soma dos Quadrados , GL= Graus de Liberdade

ANEXO 7 – Análise de variância para filocrono no primeiro período de avaliação – Soma dos Quadrados Tipo III.

Fonte de variação	SQ	GL	Quadrado Médio	F	p
<b>EFEITOS PRINCIPAIS</b>					
Tratamentos	1497,91	4	374,478	7,21	0,0069
<b>RESÍDUO</b>	<b>467,723</b>	<b>9</b>	<b>51,9692</b>		
<b>TOTAL (corrigido)</b>	<b>1965,63</b>	<b>13</b>			

SQ= Soma dos Quadrados , GL= Graus de Liberdade

ANEXO 8 – Análise de variância para filocrono no segundo período de avaliação – Soma dos Quadrados Tipo III.

Fonte de variação	SQ	GL	Quadrado Médio	F	p
<b>EFEITOS PRINCIPAIS</b>					
Tratamentos	1521,51	4	380,376	2,30	0,1379
<b>RESÍDUO</b>	<b>1489,63</b>	<b>9</b>	<b>165,515</b>		
<b>TOTAL (corrigido)</b>	<b>3011,14</b>	<b>13</b>			

SQ= Soma dos Quadrados , GL= Graus de Liberdade

ANEXO 9 – Análise de variância para filocrono no terceiro período de avaliação – Soma dos Quadrados Tipo III.

Fonte de variação	SQ	GL	Quadrado Médio	F	p
<b>EFEITOS PRINCIPAIS</b>					
Tratamentos	522,541	4	130,635	0,49	0,7423
RESÍDUO	2389,36	9	265,485		
<b>TOTAL (corrigido)</b>	<b>2911,91</b>	<b>13</b>			

SQ= Soma dos Quadrados , GL= Graus de Liberdade

ANEXO 10 – Análise de variância para Comprimento da Lâmina Foliar – Soma dos Quadrados Tipo III.

Fonte de variação	SQ	GL	Quadrado Médio	F	p
<b>EFEITOS PRINCIPAIS</b>					
Tratamentos	1685,28	4	421,319	7,30	0,0004
Períodos	7864,26	2	3932,13	68,11	0,0000
<b>INTERAÇÃO</b>					
Tratamentos X Períodos	278,276	8	34,7845	0,60	0,7674
RESÍDUO	1558,7	27	57,7296		
<b>TOTAL (corrigido)</b>	<b>11576,4</b>	<b>41</b>			

SQ= Soma dos Quadrados , GL= Graus de Liberdade

ANEXO 11 - Análise de variância para Comprimento da Lâmina Foliar no primeiro período de avaliação – Soma dos Quadrados Tipo III.

Fonte de variação	SQ	GL	Quadrado Médio	F	p
<b>EFEITOS PRINCIPAIS</b>					
Tratamentos	771,367	4	192,842	2,07	0,1682
RESÍDUO	840,148	9	93,3498		
<b>TOTAL (corrigido)</b>	<b>1611,52</b>	<b>13</b>			

SQ= Soma dos Quadrados , GL= Graus de Liberdade

ANEXO 12 – Análise de variância para Comprimento da Lâmina Foliar no segundo período de avaliação – Soma dos Quadrados Tipo III.

Fonte de variação	SQ	GL	Quadrado Médio	F	p
<b>EFEITOS PRINCIPAIS</b>					
Tratamentos	939,995	4	234,999	4,30	0,0323
RESÍDUO	491,794	9	54,6438		
<b>TOTAL (corrigido)</b>	<b>1431,79</b>	<b>13</b>			

SQ= Soma dos Quadrados , GL= Graus

ANEXO 13 – Análise de variância para Comprimento da Lâmina Foliar no terceiro período de avaliação – Soma dos Quadrados Tipo III.

Fonte de variação	SQ	GL	Quadrado Médio	F	p
<b>EFEITOS PRINCIPAIS</b>					
Tratamentos	252,189	4	63,0472	2,50	0,1165
RESÍDUO	226,756	9	25,1951		
<b>TOTAL (corrigido)</b>	<b>478,945</b>	<b>13</b>			

SQ= Soma dos Quadrados , GL= Graus

ANEXO 14 – Análise de variância para número de folhas – Soma dos Quadrados Tipo III.

Fonte de variação	SQ	GL	Quadrado Médio	F	p
<b>EFEITOS PRINCIPAIS</b>					
Tratamentos	5,66553	4	1,41638	11,66	0,0000
Períodos	15,4146	2	7,70729	63,45	0,0000
<b>INTERAÇÃO</b>					
Tratamentos X Períodos	4,63036	8	0,578795	4,76	0,0010
RESÍDUO	3,27978	27	1,121473		
<b>TOTAL (corrigido)</b>	<b>29,6694</b>	<b>41</b>			

SQ= Soma dos Quadrados , GL= Graus de Liberdade

ANEXO 15 – Número de folhas em azevém anual nos diferentes períodos de avaliação, em função de níveis de nitrogênio. CEEEx – UFPR, Piraquara – PR. 1998.

Níveis de nitrogênio (Kg.ha <sup>-1</sup> )	Número de folhas		
	Período 1	Período 2	Período 3
0	6,5 a	5,36 a	4,85 bc
75	5,98 ab	5,40 a	4,4 ab
150	5,4 b	4,46 b	5,3 b
225	6,01 ab	4,10 b	4,16 ab
300	5,61 ab	4,06 b	3,95 a

Médias seguidas de mesma letra distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%

ANEXO 16 - Análise de variância para número de folhas senescentes – Soma dos Quadrados Tipo III.

Fonte de variação	SQ	GL	Quadrado Médio	F	p
<b>EFEITOS PRINCIPAIS</b>					
Tratamentos	14,4871	4	3,62178	23,54	0,0000
Períodos	1,67019	2	0,835097	5,43	0,0104
<b>INTERAÇÃO</b>					
Tratamentos X Períodos	4,44373	8	0,555466	3,61	0,0056
RESÍDUO	4,15367	27	0,15384		
<b>TOTAL (corrigido)</b>	<b>24,952</b>	<b>41</b>			

SQ= Soma dos Quadrados , GL= Graus de Liberdade

ANEXO 17 – Número de folhas senescentes em azevém anual nos diferentes períodos de avaliação, em função de níveis de nitrogênio. CEEEx – UFPR, Piraquara – PR. 1998.

Número de folhas senescentes			
Níveis de nitrogênio (Kg.ha <sup>-1</sup> )	Período 1	Período 2	Período 3
0	3,32 b	3,13 b	3,21 ab
75	2,59 ab	3,4 b	2,75 ab
150	1,73 a	2,15 a	3,51 b
225	1,63 a	1,75 a	1,91 a
300	1,6 a	1,88 a	1,94 a

Médias seguidas de mesma letra distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%

ANEXO 18 – Análise de variância para número perfilhos – Soma dos Quadrados Tipo III.

Fonte de variação	SQ	GL	Quadrado Médio	F	p
EFEITOS PRINCIPAIS					
Tratamentos	574,039	4	143,51	12,66	0,0000
Períodos	131,599	2	65,7997	5,80	0,0080
INTERAÇÃO					
Tratamentos X Períodos	124,853	8	15,6066	1,38	0,2511
RESÍDUO	306,162	27	11,3393		
TOTAL (corrigido)	1143,61	41			

SQ= Soma dos Quadrados , GL= Graus de Liberdade

ANEXO 19 – Análise de variância para taxa de aparecimento de perfilhos – Soma dos Quadrados Tipo III.

Fonte de variação	SQ	GL	Quadrado Médio	F	p
EFEITOS PRINCIPAIS					
Tratamentos	0,000842619	4	0,000210655	7,81	0,0003
Períodos	0,0063708	2	0,0031854	118,17	0,0000
INTERAÇÃO					
Tratamentos X Períodos	0,000587333	8	0,0000734167	2,72	0,0243
RESÍDUO	0,00727833	27	0,0000269568		
TOTAL (corrigido)	0,00879212	41			

SQ= Soma dos Quadrados , GL= Graus de Liberdade

ANEXO 20 – Análise de variância para soma térmica necessária para o aparecimento de perfilhos – Soma dos Quadrados Tipo III.

Fonte de variação	SQ	GL	Quadrado Médio	F	p
EFEITOS PRINCIPAIS					
Tratamentos	18146,2	4	4536,56	6,90	0,0006
Periodos	64106,5	2	32053,3	48,74	0,0000
INTERAÇÃO					
Tratamentos X Periodos	24384,7	8	3048,09	4,64	0,0012
RESÍDUO	17755,3	27	657,603		
TOTAL (corrigido)	125406,0	41			

SQ= Soma dos Quadrados , GL= Graus de Liberdade

ANEXO 21 – Acúmulo de matéria seca de azevém anual nos diferentes períodos de avaliação, em função de níveis de nitrogênio. CEEEx – UFPR, Piraquara – PR. 1998.

Doses de nitrogênio (Kg.ha <sup>-1</sup> )	Acúmulo de matéria seca (kg.ha <sup>-1</sup> )			
	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
0	2076	1507	1107	689
75	2411	3499	1181	990
150	2480	3224	2524	1239
225	2377	2866	2115	1981
300	2380	3121	2741	2058