

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**REPARTIÇÃO DA BIOMASSA E RESPOSTAS MORFOGÊNICAS DE  
*PASPALUM NOTATUM* ECÓTIPO ANDRÉ DA ROCHA À DISPONIBILIDADE  
DE NITROGÊNIO**

FÁBIO RIBEIRO TENTARDINI  
Engenheiro Agrônomo/UFRGS

Dissertação apresentada como um dos requisitos à obtenção do grau de  
Mestre em Zootecnia Área de Concentração em Plantas Forrageiras

Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.  
Julho de 2015

### CIP - Catalogação na Publicação

Ribeiro Tentardini, Fábio  
REPARTIÇÃO DA BIOMASSA E RESPOSTAS MORFOGÊNICAS  
DE PASPALUM NOTATUM ECÓTIPO ANDRÉ DA ROCHA À  
DISPONIBILIDADE DE NITROGÊNIO / Fábio Ribeiro  
Tentardini.-- 2015.  
72 f.

Orientador: Carlos Nabinger.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do  
Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa  
de Pós-Graduação em Zootecnia, Porto Alegre, BR-RS,  
2015.

1. Paspalum notatum. 2. Nitrogênio . 3.  
Morfogênese. 4. Repartição da Biomassa. 5. Ecótipo  
André da Rocha. I. Nabinger, Carlos , orient. II.  
Título.

FABIO RIBEIRO TENTARDINI  
Engenheiro Agrônomo

## DISSERTAÇÃO

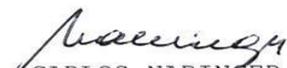
Submetida como parte dos requisitos  
para obtenção do Grau de

### **MESTRE EM ZOOTECNIA**

Programa de Pós-Graduação em Zootecnia  
Faculdade de Agronomia  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Porto Alegre (RS), Brasil

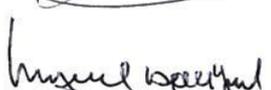
Aprovado em: 24.07.2015  
Pela Banca Examinadora

Homologado em: 11.11.2015  
Por

  
CARLOS NABINGER  
PPG Zootecnia/UFRGS  
Orientador

  
PAULO CESAR DE FACCIO CARVALHO  
Coordenador do Programa de  
Pós-Graduação em Zootecnia

  
JAMIR LUIS SILVA DA SILVA  
EMBRAPA

  
MIGUEL DALL'AGNOL  
PPG Zootecnia/UFRGS

  
CARINE SIMIONI  
PPG Zootecnia/UFRGS

  
PEDRO ALBERTO SELBACH  
Diretor da Faculdade de Agronomia

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por mais essa oportunidade.

Aos meus pais, Antônio e Suely, que sempre acreditaram em mim, e a Gabi, minha fonte inesgotável de energia. Amo vocês.

Aos professores do PPG Zootecnia da UFRGS, especialmente ao professor Carlos Nabinger, de qual sou um grande admirador, “gracias” pelos valiosos ensinamentos e pela amizade.

Aos colegas do departamento de Plantas Forrageiras, Lucas, João, Jean, Martín, Pablo, Tatá, Jú e tantos outros que propiciaram momentos únicos de discussões, debates e descontrações.

## RESPOSTA DE PASPALUM NOTATUM ECÓTIPO ANDRÉ DA ROCHA À DISPONIBILIDADE DE NITROGÊNIO<sup>1</sup>

Autor: Fábio Ribeiro Tentardini

Orientador: Carlos Nabinger

**Resumo** – O ecótipo André da Rocha de *Paspalum notatum* destaca-se por apresentar um elevado potencial produtivo em relação a muitos ecótipos da espécie, por esta razão, objetivou-se com este trabalho quantificar os processos morfogênicos que resultam no maior acúmulo de biomassa, bem como, quantificar a distribuição da biomassa em plantas desenvolvidas isoladamente em diferentes doses de nitrogênio. O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Faculdade de Agronomia da UFRGS e utilizaram-se vasos de Leonard com solução nutritiva completa, com exceção do N, o qual foi adicionado como  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  para atingir as doses de 37,5, 75, 150 e 300mg N/vaso. Utilizou-se sete repetições de uma planta por vaso em delineamento completamente casualizado. A taxa de surgimento de folhas respondeu positivamente ao incremento na disponibilidade de N. A taxa de expansão foliar, o número médio de folhas verdes por perfilho, a taxa de perfilhamento, a taxa de expansão do rizoma e seu tamanho final foram igualmente afetados positivamente com a adição de N, enquanto o comprimento médio final da folha e a duração de vida da folha não foram afetados. Após 110 dias de crescimento, as plantas foram separadas nos componentes raízes, rizomas, e parte aérea. Os componentes que mais responderam ao aumento do N foram a produção da parte subterrânea (raízes + rizomas), que aumentou 68%, e a produção de perfilhos, que aumentou em dez vezes. A biomassa de folhas completamente expandidas na haste principal foi maior somente na dose mais alta, enquanto a massa de folhas em expansão não foi afetada. Este ecótipo apresenta alta capacidade de resposta ao nitrogênio, manifestada através de suas principais características morfogênicas. Em situações limitantes deste elemento, ocorre a priorização da alocação de assimilados para o sistema radicular, em detrimento da parte aérea.

**Palavras chave:** filocrono, morfogênese, repartição da biomassa, rizoma, soma térmica.

---

<sup>1</sup> Dissertação de Mestrado em Zootecnia – Plantas Forrageiras, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil, (72p), Julho, 2015.

## RESPONSE OF PASPALUM NOTATUM ECOTYPE ANDRÉ DA ROCHA TO NITROGEN SUPPLY<sup>2</sup>

Author: Fábio Ribeiro Tentardini

Adviser: Carlos Nabinger

**ABSTRACT** - The ecotype André da Rocha of *Paspalum notatum* is noteworthy for presenting a high yield potential compared to many ecotypes of the species, that is why, the aim of this study was to quantify the morphogenetic processes that result in greater accumulation of biomass, as well as to quantify the distribution of biomass in plants developed in isolation at different levels of nitrogen. The experiment was conducted in a greenhouse at the Faculty of Agronomy of UFRGS and used Leonard jars with complete nutrient solution, except for the N, which was added as  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  to reach the doses of 37.5, 75, 150 and 300 mg N/pot. We used seven repetitions of one plant per pot in completely randomized design. The leaf expansion rate, the number of green leaves per tiller, the tillering rate, rhizome extension rate and its final size was also positively affected by the addition of N, while the average final leaf length and leaf life span were not affected. After 110 days of plant growth, these were separate in the components roots, rhizomes and shoots. The compartments more responsive to N were the underground portions (roots + rhizomes), which increased 68% and the tillers production that increased tenfold. The biomass of fully expanded leaves on the main stem was greater only at the highest dose, while the mass of expanding leaves was not affected. This ecotype has a high capacity to nitrogen response, manifested through its main morphogenetic characteristics. In presence of limited nitrogen supply, there is a priority of allocation of assimilates to the root system, rather the aerial part, particularly for tillers formation.

**Key words:** biomass repartition, morphogenesis, phylochron, rhizome, thermal sum.

---

<sup>2</sup> Master of Science Dissertation in Forage Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil, (72p), July, 2015.

## SUMÁRIO

CAPÍTULO I.....	09
INTRODUÇÃO.....	10
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
Gênero Paspalum.....	12
Morfogênese.....	14
Efeito de Nitrogênio.....	17
HIPÓTESES E OBJETIVOS.....	20
CAPÍTULO II .....	21
RESPOSTAS MORFOGÊNICAS E ESTRUTURAIS DE PASPALUM NOTATUM ECÓTIPO ANDRÉ DA ROCHA À DISPONIBILIDADE DE NITROGÊNIO.....	22
MORPHOGENETIC AND STRUCTURAL RESPONSES OF PASPALUM NOTATUM ECOTYPE ANDRÉ DA ROCHA TO NITROGEN AVAILABILITY.....	23
MATERIAL E MÉTODOS.....	25
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
CONCLUSÕES.....	32
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	33
CAPÍTULO III.....	40
REPARTIÇÃO DA BIOMASSA DE PASPALUM NOTATUM ECÓTIPO ANDRÉ DA ROCHA EM RESPOSTA À DISPONIBILIDADE DE NITROGÊNIO.....	41
BIOMASS PARTITIONING OF Paspalum notatum ECOTYPE ANDRÉ DA ROCHA IN RESPONSE TO NITROGEN SUPPLY.....	42
INTRODUÇÃO.....	43
MATERIAL E MÉTODOS.....	45
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
CONCLUSÕES.....	50
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51
CAPÍTULO IV.....	58
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	59
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60

## LISTA DE TABELAS

### Capítulo II

TABELA 1. Taxa de expansão foliar, número de folhas verdes por perfilho, comprimento final do rizoma, taxa de expansão do rizoma medidos no perfilho principal, e número de perfilhos formados por planta, em plantas isoladas de *Paspalum notatum* ecótipo André da Rocha, sob o efeito de diferentes doses de N.....39

### Capítulo III

TABELA 1. Efeito das doses de nitrogênio (N) sobre a produção de matéria seca (MS) da parte subterrânea (raízes + rizomas), das bainhas (BA), folhas em expansão (FEE), e das folhas completamente expandidas (FCE) do perfilho principal, produção de matéria seca dos perfilhos, matéria seca de material morto e em senescência por planta, e produção total por planta de *Paspalum notatum* ecótipo André da Rocha. Dados expressos em g por planta.....57

## LISTA DE FIGURAS

### Capítulo II

FIGURA 1. Número de folhas surgidas no perfilho principal de “*Paspalum notatum*” ecótipo André da Rocha, em função da soma térmica acumulada a partir do início das observações e equações de regressão para cada dose de N, utilizadas para o cálculo do filocrono.....38

### Capítulo III

FIGURA 1. (A) Matéria seca total por planta, matéria seca da haste principal e dos perfilhos. (B) Matéria seca subterrânea total e dos perfilhos, em “*Paspalum notatum*” ecótipo André da Rocha, submetido a diferentes doses de N e após 110 dias de crescimento.....55

FIGURA 2. Área foliar total por planta e área foliar da haste principal e dos perfilhos de *P. notatum* ecótipo André da Rocha, submetido a diferentes doses de N, ao final de 110 dias de crescimento.....56

## LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

CFLF	Comprimento final da lâmina foliar
CV	Cultivar
IAF	Índice de área foliar
MS	Matéria Seca
N	Nitrogênio
PB	Proteína Bruta
TDE	Tempo de duração da elongação
TEF	Taxa de elongação foliar
TSF	Taxa de surgimento de folhas
TVF	Tempo de vida da folha

## CAPÍTULO I

## INTRODUÇÃO

Aproximadamente 25% da superfície terrestre é composta por pastagens, representando a opção mais abundante e de menor custo para a produção de proteína animal para o consumo humano. No extremo sul do Brasil a base da produção pecuária são os campos naturais, principal fonte de forragem para aproximadamente 14 milhões de bovinos e 4 milhões de ovinos (IBGE 2013). Os sistemas de produção baseados neste ambiente pastoril são comumente taxados de pouco eficientes, pois na sua grande maioria apresentam baixa produtividade e, conseqüentemente, baixa rentabilidade para o produtor rural. No entanto, diversos estudos relatam há mais de três décadas que a baixa produtividade dos campos nativos é função de sua má utilização e não de seu real potencial produtivo. Estes campos são caracterizados por uma alta diversidade florística, principalmente devido à diversidade de solos provenientes da grande variabilidade geológica, topografia, distribuição da pluviosidade, temperatura e da disponibilidade de água. Devido à ocorrência de estações bem definidas durante o ano, torna-se possível a existência simultânea de espécies de rota metabólica C3, de crescimento hibernal, associadas com espécies C4, de crescimento estival. As espécies estivais se encontram em maior número, moldando a curva de crescimento do campo nativo ao decorrer do ano, com maior acúmulo de biomassa vegetal na primavera-verão.

A composição botânica das pastagens naturais é caracterizada pela predominância de espécies da família Poaceae, as quais somadas às espécies da família Fabaceae, as compostas e as ciperáceas, enriquecem a biodiversidade florística destes campos, atingindo a totalidade de cerca de 3000 espécies (Boldrini 1997). Nesta magnífica flora, o gênero *Paspalum* ocupa lugar de destaque entre as gramíneas nativas, pois engloba maior número de espécies com alto valor forrageiro (Valls, 1987), alta resistência ao pastejo e ao pisoteio dos animais. O estado do RS apresenta um total de vinte grupos taxonômicos (Barreto, 1974), e entre as espécies mais comuns está o *Paspalum notatum*, popularmente conhecido capim ou grama forquilha. No entanto, ainda não são bem conhecidos os mecanismos que tornam essa espécie frequente nas pastagens nativas do Rio Grande do Sul, mas acredita-se que seja o resultado de modificações na prioridade de repartição de assimilados frente a situações de deficiências de fatores de produção.

Alguns ecótipos demonstram um potencial produtivo mais elevado que os demais, como é o caso do ecótipo André da Rocha (Costa et al., 1997b). Entretanto, não são conhecidos os fatores intrínsecos daquele genoma, responsáveis por tal potencial. Uma forma de entender o processo que potencializa a resposta de determinada espécie a algum fator do meio, é o estudo das suas reações a variações na disponibilidade deste fator. De maneira geral, o fator que mais influencia na produtividade das pastagens é o

nitrogênio, por ser o nutriente mais limitante ao crescimento das plantas (Whitehead, 1995). Uma vez que faz parte da molécula de clorofila, sua deficiência pode determinar menor concentração de cloroplastos e menor eficiência de uso da radiação interceptada. Em decorrência disso, ocorre naturalmente menor fixação de carbono para atender à demanda morfogênica da planta, o que afeta a velocidade de formação de novos tecidos. Isso por sua vez pode determinar uma menor taxa de evolução da área foliar e, com isso, menor interceptação. A ocorrência desses dois fenômenos resulta em menor produtividade do dossel.

A dinâmica da morfogênese é um processo geneticamente programado pela planta e, portanto, podem haver diferenças entre genótipos de uma mesma espécie. Essas diferenças podem se traduzir em diferentes velocidades de emissão de folhas, diferentes tamanhos e distinta duração de vida da folha, mesmo em condições ideais para o crescimento da planta. Porém, diferentes ecótipos podem reagir distintamente em condições ambientais limitantes, notadamente água e nutrientes, alterando as taxas morfogênicas, mas, sobretudo, a repartição de assimilados entre parte aérea e subterrânea.

O presente trabalho objetiva verificar a resposta de *P. notatum* ecótipo André da Rocha à disponibilidade de diferentes níveis de nitrogênio através do estudo das respostas em termos morfogênicos e da repartição da biomassa produzida.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### **Gênero *Paspalum***

A família Poaceae inclui 793 gêneros e cerca 10.000 espécies, caracterizadas pela sua grande amplitude ecológica (Watson & Dallwitz, 1992) em decorrência de sua importância na composição da quase totalidade dos ecossistemas campestres do planeta. Para o Rio Grande do Sul estima-se aproximadamente 110 gêneros predominantes de *Paspalum* nas formações campestres (Boldrini et al., 2005).

As gramíneas do gênero *Paspalum* estão amplamente distribuídas em regiões tropicais e temperadas, especialmente no continente americano (Burson, 1997). A falta de um estudo taxonômico global para este gênero faz com que seja difícil estimar na atualidade o número total de espécies (Aliscioni, 2002). Entretanto, praticamente não se consegue identificar uma formação vegetal brasileira sem que haja uma espécie de *Paspalum* fazendo parte de seus componentes. Considerada uma boa espécie para o pastejo, a grama forquilha, como é popularmente conhecida o *Paspalum notatum* na região sul do Brasil, é nativa da América do Sul, com distribuição desde o sul do Brasil e Uruguai, até o estado do Mato Grosso, centro oeste brasileiro e passando pela Argentina. No estado do Rio Grande do Sul é uma das espécies mais comuns dos campos.

Segundo Barreto (1973) o interesse da pesquisa por esta espécie foi instigado pelo fato de formar pastagens densas, bem enraizadas, com plantas propagando-se tanto por sementes como por rizomas e mantendo crescimento ativo até a ocorrência de baixas temperaturas, secas ou geadas. Devido ao seu hábito rizomatozo, altamente adaptado ao pastejo, estudos demonstraram que em situações de alta pressão de pastejo, o *Paspalum notatum* aumentou sua frequência em campos naturais (Escosteguy, 1990).

A capacidade de adaptação às diferentes condições de clima e solo no RS, são comprovadas pela diversidade de ecótipos existentes (Steiner, 2005). Araújo (1971) descreveu os ecótipos Lagoa Vermelha, Capivari, André da Rocha, Uruguaiana e Passo Fundo, enquanto que Barreto (1974) citou os ecótipos Capivari, Comum, Gigante e Uruguaiana.

As principais diferenças morfológicas encontradas nestes ecótipos, estão relacionadas ao vigor, dimensão e pilosidade das folhas, altura dos colmos floríferos, número e comprimento dos ramos da inflorescência e dimensão e coloração das espiguetas.

A maior parte da produção de forragem ocorre nos meses mais quentes do ano, devido a maiores temperaturas e duração de dias mais longos (Newman et al., 2010). Já na estação fria, quando os dias são mais curtos, a disponibilidade de forragem diminui, sendo este um dos fatores mais importantes a influenciar na produção animal e no manejo das pastagens (Sinclair et al., 2001).

Prates (1977) e Soares (1986) confirmaram a excelência encontrada em diferentes materiais dentro da grande variedade de ecótipos. Quando as exigências nutricionais das plantas são adequadamente supridas, possibilita ganhos animais satisfatórios (Maraschin, 2000; Gomes, 2000). Desta forma, Boggiano (2000) obteve em 15 meses contínuos, 16 t/ha de MS verde em pastagem nativa fertilizada e onde a contribuição de *Paspalum notatum* era superior a 70%.

Ensaio de Pitman (2012) com a cultivar Pensacola de *P. notatum* durante cinco anos sob diferentes doses de N e frequências de corte, constatou a interação entre estes efeitos e a produção de forragem, obtendo-se as maiores produções nas maiores doses de N e quando foi realizado o maior número de cortes.

Pakiding & Hirata (1999; 2001; 2002; 2002a; 2003) em uma sequência de estudos avaliando a dinâmica de perfilhos da cultivar Pensacola, concluíram que *Paspalum notatum* é uma espécie que mantém a vegetação densa, visto que seus perfilhos são de longa duração, apesar das baixas taxas de aparecimento destes. Além do mais, resiste à desfolha frequente e a baixa disponibilidade de N e, por consequência da melhora de suas condições responde com incrementos na longevidade, na taxa de aparecimento e na densidade dos perfilhos.

Importantes mecanismos de persistência foram observados por Pakiding & Hirata (2003) em *Paspalum notatum*, os autores observaram que sob baixos níveis de N e intensa desfolhação, a expansão foliar diminui, reduzindo o tamanho das folhas sem reduzir o número de folhas vivas por afilho. Assim, as folhas mais curtas são menos desfolhadas e as plantas são capazes de minimizar a diminuição das folhas.

Prates (1977) comparou dois ecótipos nativos de *Paspalum notatum*, “Capivari” e “André da Rocha” com a cultivar Pensacola, e constatou que os ecótipos nativos foram superiores em vários aspectos avaliados, sendo que o ecótipo André da Rocha mostrou-se promissor, com porte mais elevado, bom valor nutritivo (proteína bruta-PB e digestibilidade *in vitro* da matéria seca-DIVMS) e excelente produção de sementes (Soares 1977; Santos 2005). Da mesma forma Costa (1997) em experimento na região fisiográfica da Depressão Central do RS, destacou o potencial desse ecótipo, com produções acima de 14 t/ha MS de forragem, quando bem suprido de água e nutrientes.

O ecótipo “André da Rocha” comum na Região do Campos de Cima da Serra do RS, caracteriza-se por apresentar rizomas supraterrâneos vigorosos, abundante produção de folhas largas e prostradas, de coloração verde escuro, com uma linha esbranquiçada no centro, de lâminas glabras.

A resposta à fertilização nitrogenada é explicada pelo efeito desse nutriente sobre as variáveis morfogênicas e estruturais, como discutiremos adiante.

### **Morfogênese**

A produção animal a pasto é o resultado do processo fotossintético das plantas forrageiras consumidas pelos animais e transformadas em proteína animal. Além da energia solar utilizada no processo fotossintético, diversos são os fatores que influenciam na produção da biomassa, tais como o genótipo das espécies, a disponibilidade de água e nutrientes fornecidas pelo solo, e a ação dos animais através do pastejo seletivo, do pisoteio e das dejeções. O objetivo no manejo das pastagens é oferecer aos animais forragem suficiente para ele comer à boca cheia, e também poder selecionar o que comer em termos de partes das plantas e entre plantas, propiciando dessa forma o máximo consumo e a máxima seleção de sua dieta.

Por sua melhor digestibilidade e qualidade nutricional, é interessante que a dieta dos animais seja composta pela maior proporção de folhas, ao invés de colmos e material morto. Inúmeros são os fatores responsáveis pela produção de folhas ao longo do tempo e, por essa razão conhecer e compreender os processos de crescimento e desenvolvimento que resultam na produção de forragem é o ponto inicial para explicar seu comportamento produtivo (Nabinger, 1997). O estudo morfogênico determina como as diferentes características morfológicas genotípicas (velocidade de expansão foliar, velocidade de surgimento das folhas, duração de vida da folha e velocidade de crescimento do estolão) afetam as características estruturais da vegetação (tamanho final da folha, densidade de pontos de crescimento e número de folhas vivas por haste/estolão) (Nabinger & Pontes, 2001).

A morfogênese vegetal pode ser definida como a dinâmica de geração e expansão da forma da planta no espaço (Lemaire & Chapman, 1996). Sendo caracterizada pela formação e desenvolvimento de sucessivos fitômeros, processo relacionado com o aparecimento de folhas, que por sua vez, determina a dinâmica de fluxo de tecidos nas plantas forrageiras (Lemaire & Agnusdei, 2000).

Depois de identificada a unidade morfofisiológica da espécie em estudo, realiza-se sobre a mesma, sucessivas medidas das variáveis morfogênicas. De acordo com Grant & Marriot (1994) esta análise é capaz de descrever de maneira mais detalhada os componentes do crescimento das plantas forrageiras e suas relações com fatores ambientais e de manejo, quando comparada a abordagem tradicional, a qual se baseia apenas no acúmulo de fitomassa, e assim, elucidar os processos envolvidos na produtividade das pastagens.

O processo morfogênico é geneticamente programado. Contudo, é influenciado pelos fatores do meio como - nutrientes, disponibilidade hídrica, radiação, manejo, etc. Desta forma, ao realizar um ensaio morfogênico, em condições idênticas para as espécies estudadas, é possível afirmar com segurança como é formada a biomassa de cada genótipo e entender eventuais diferenças nos potenciais produtivos. As plantas são formadas por unidades

básicas denominadas perfilhos, no caso de gramíneas e ramificações em leguminosas (Valentine & Matthew, 1999). Um perfilho é formado por uma sequência de fitômeros, um acima do outro em diferentes estágios de crescimento (Valentine & Matthew, 1999), sendo que cada folha surgida no colmo corresponde ao surgimento de um novo fitômero. Segundo Taiz & Zaiger (1998); Cruz e Boval (1999) os fitômeros nas gramíneas são constituídos por lamina foliar, lígula, bainha foliar, entrenó, nó e gema axilar. Entretanto, para Skinner & Nelson (1994 a, b); Wilhelm & MacMaster (1995); Sattler & Rutishauser (1997) constataram que as raízes também constituem os fitômeros, pois se originam de gemas axilares do mesmo. O acúmulo de fitômeros e o grau de desenvolvimento individual (expansão foliar, alongamento e espessamento dos nós e entrenós) resultam no acúmulo de biomassa em um colmo.

Em uma pastagem com crescimento vegetativo, a morfogênese das plantas pode ser descrita por três características principais: taxa de surgimento de folhas (TSF), taxa de alongação foliar (TEF) e tempo de vida das folhas (TVF), os quais constituem os componentes morfogênicos do afilho, que determinam o ritmo de crescimento e desenvolvimento de uma gramínea. A taxa de surgimento de folhas (TSF) está relacionada com o tamanho final da folha, a densidade de hastes/estolões, e o número de folhas por haste, os quais em conjunto irão afetar o índice de área foliar – IAF (Lemaire & Chapman, 1996). A velocidade de emissão de novas folhas é uma característica que sofre pouca alteração quando a planta sofre algum tipo de estresse (Nabinger & Pontes, 2001). A relação direta da TSF com a densidade de afilhos determina o potencial de afilhamento para um dado genótipo. De uma forma geral, baixas TSF acarretam em menor densidade de afilhos maiores, enquanto que altas TSF correspondem a altas densidades de afilhos menores. Associado a TSF está o conceito de filocrono, que é definido como o intervalo entre o aparecimento de duas lâminas foliares consecutivas (Klepper et al., 1982). Tais intervalos são descritos em graus-dias por folha, logo, a velocidade com que ocorre o surgimento de folhas e o acúmulo de biomassa é função do tempo térmico decorrido. O filocrono pode ser calculado como o inverso do coeficiente angular da regressão linear entre o acúmulo de folhas sobre o colmo e a soma térmica ou acúmulo de graus-dia decorridos no tempo considerado (Nabinger, 1997a).

Em gramíneas tropicais, a partir do acúmulo de folhas em um perfilho, os entrenós iniciam seu alongamento para que as novas folhas formadas sejam colocadas no topo do dossel (Woledge, 1978), local aonde podem receber e captar radiação fotossinteticamente ativa em maior quantidade e qualidade. Para a maioria das gramíneas temperadas, a alongação somente ocorre após a indução foral, pelo qual esse aspecto merece consideração diferenciada quanto ao controle da desfolha das espécies tropicais ainda na fase vegetativa. O alongamento dos entrenós em um perfilho em estágio vegetativo aumenta o filocrono, devido ao maior caminho que a nova folha deve percorrer até emergir, no entanto, quando a planta encontra-se

no estágio reprodutivo, há uma redução do filocrono com a elevação do meristema apical dentro do pseudo-colmo (Lemaire & Chapman, 1996; Duru & Ducrocq, 2000ab).

A temperatura é o fator determinante na TSF (Duru & Ducrocq, 2000). Medindo a TSF em tempo térmico, a velocidade com que as folhas são formadas é relativamente constante (Lemaire & Agnusdei, 1999). A taxa de surgimento da folha (TSF) tende a diminuir durante o processo de crescimento da planta, ao passo que o comprimento final da lâmina foliar (CFLF) e o tempo de duração da alongação (TDE) aumentam (Lemaire & Chapman, 1996; Nabinger, 1997a; Duru & Ducrocq, 2000). A taxa de alongação das folhas (TEF) é uma característica bastante variável, sendo afetada pela desfolha e entre outras por limitações minerais. Essa característica está fortemente associada ao comprimento da bainha, já que o período de multiplicação celular ocorre apenas dentro desta estrutura, onde bainhas menores determinam folhas menores e bainhas maiores determinam folhas maiores. É diretamente influenciada pela temperatura. Em temperaturas mais adequadas para determinados genótipos, ocorre maiores taxas de alongação de folhas. Nas gramíneas o alongamento foliar está restrito a uma zona na base da folha em expansão, sendo protegida pelo conjunto de bainhas das folhas mais velhas ou pseudocolmo, é um local ativo de grande demanda por nutrientes (Skinner & Nelson, 1995). A TEF é o resultado das taxas de alongamento nas zonas de divisão celular, na zona de alongamento celular e nas zonas de deposição de nutrientes e formação da parede celular secundária, assim formando a zona de alongamento da folha dentro do pseudocolmo (Skinner & Nelson, 1995). Na zona de divisão celular encontramos o maior acúmulo de N, acarretando no aumento do número de células e, conseqüentemente na TEF.

O potencial fotossintético da planta é determinado no início do período de alongamento das folhas, logo, déficits de N durante a alongação foliar podem afetar a eficiência fotossintética futura (Skinner & Nelson, 1995). Pastagens mantidas com uma maior altura e, por conseguinte, com maiores comprimentos das folhas, e maiores tamanhos dos filhotes apresentam maior fluxo de crescimento, devido a uma maior remobilização do N, quando comparados com pastagens de menor altura e adubadas com N (Marriot et al., 1999), devido à maior taxa de senescência dos dosséis mantidos em níveis de desfolha mais lenientes.

O tempo de vida da folha (TVF) é uma característica genotípica que influencia o número de folhas vivas por haste/estolão, o qual é relativamente constante. Entretanto, em razão dos diferentes hábitos de crescimento, este pode variar de uma gramínea para outra. O aumento da temperatura aumenta as taxas de surgimento e de alongação, mas também aumenta a taxa de senescência fazendo com que o número de folhas vivas continue o mesmo. No início do estabelecimento das plantas a senescência das folhas tende a ser menor, visto que somente após os filhotes atingirem seu número máximo de folhas vivas, é que a primeira folha começará a entrar em senescência, a partir desse momento, haverá um equilíbrio entre a taxa de surgimento de folhas e a

senescência das folhas que atingiram o seu período de duração de vida (Lemaire & Chapman, 1996). O produto das características estruturais da pastagem irá determinar o índice de área foliar (IAF) (Chapman & Lemaire, 1993).

O IAF é a relação entre a área de folhas de uma comunidade de plantas e a área de solo coberta por essa comunidade (Watson, 1947). No início do desenvolvimento de uma pastagem o IAF evolui lentamente, em função do pequeno número de perfilhos e também pelo tamanho reduzido das folhas. De acordo com o decorrer do seu crescimento e a formação de novos fitômeros, o número e o tamanho das folhas aumenta, assim, aumentando o IAF e, conseqüentemente, a interceptação da radiação. Com o aumento do IAF ocorre competição entre plantas por luz, alterando a qualidade da mesma que chega às folhas mais próximas ao solo, pelo sombreamento causado pela parte superior do dossel, reduzindo a quantidade de luz azul e baixa relação vermelho-vermelho distante (Deregibus et al., 1983). Desta forma, grande parte das gemas axilares são mantidas dormentes, reduzindo e até mesmo paralisando a emissão de novos perfilhos (Davies & Thomas, 1983)..

Após o início da senescência das primeiras folhas formadas, a taxa de evolução do IAF começa a diminuir, caracterizando uma curva sigmoideal (Brougham, 1956). No momento em que a produção e a senescência das folhas atingirem o equilíbrio é definido o rendimento-teto do perfilho. Quando a maior parte dos perfilhos da comunidade atingem essa condição, nenhum acúmulo adicional de forragem é conseguido no pasto (Lemaire & Agnusdei, 2000), levando a uma produção líquida constante (Birchan & Hodgson, 1983).

### ***Efeito do Nitrogênio***

O nitrogênio (N) é um elemento essencial ao desenvolvimento das plantas, atuando nos processos de crescimento e desenvolvimento, além de possibilitar incrementos na qualidade e estacionalidade produtiva das forrageiras (Bemhaja et al., 1998). São incontestáveis os benefícios da aplicação de N ao sistema, pois sob condições ambientais favoráveis, a aplicação de N em gramíneas estimula o desenvolvimento de perfilhos e aumenta o tamanho e a duração de vida da folha, potencializando a produtividade das pastagens. A nutrição nitrogenada é o principal fator de controle dos processos de crescimento e desenvolvimento, pois faz parte da estrutura das enzimas e das proteínas, essenciais ao metabolismo das plantas (Taiz & Zeiger, 2004). Sanderson et al. (1997) destacaram o efeito da deficiência do N na redução do tamanho, volume e conteúdo de proteínas das células e a redução no tamanho e número de cloroplastos. De acordo com Duru & Ducrocq (2000) a produção forrageira tem sua eficiência substancialmente melhorada pelo aumento do uso de fertilizantes, sendo que o nitrogênio pode contribuir para o aumento do fluxo de tecidos.

Hirata (2000) observou que o aparecimento de folhas em *Paspalum notatum* aumentou com a aplicação de N até 400 kg/ha/ano. No entanto, é

essencial que a adubação nitrogenada ocorra concomitantemente a práticas adequadas de manejo da desfolha, para obtenção de seu máximo proveito sem comprometimento da pastagem (Costa & Saibro, 1984). A adubação nitrogenada reflete no aumento da densidade da biomassa da forragem, sobretudo na produção de folhas no perfil da pastagem (Stobbs, 1973; Corsi, 1986 e Nusio, 1992).

Com o objetivo de expressar o potencial de resposta ao nitrogênio, Townsend (2008) conduziu trabalho com *Paspalum notatum* e, constatou que os ecótipos “André da Rocha” e “Bagual” apresentaram resposta linear até a dose testada de 360 kg N/ha/ano, sendo a resposta mais acentuada após o primeiro ano. Neste contexto, avaliando a resposta do capim-gordura à aplicação de N, Carvalho e Saraiva (1987) observaram que no primeiro ano a produção máxima ocorreu com a aplicação de 250 kg de N/ha/ano e no segundo ano com a aplicação de 141 kg/ha/ano. Os autores verificaram ainda, maior resposta do N nas estações que ocorrem altas taxas de crescimento da espécie, devido à recuperação aparente do N ter sido mais elevada do que nas estações de menor crescimento da espécie.

O potencial de afilhamento em uma forrageira influencia a produção, a qualidade e a persistência de espécies perenes, geralmente a aplicação de N aumenta a duração de vida das folhas (Buxton & Fales, 1994). Em estudo para avaliar o desenvolvimento de *Paspalum guenoarum* sob doses de N, Costa e Saibro (1984) verificaram o aumento do número de filhinhos em função da aplicação de doses crescentes de N.

O valor nutritivo da forragem também é influenciado pela adubação nitrogenada. Geralmente, o N é absorvido pela planta e se junta às cadeias carbonadas para formar os aminoácidos, aumentando o teor de proteína bruta da forragem. Soares (1977) avaliando dois biótipos de *Paspalum notatum* (André da Rocha e o cultivar Pensacola) e dois de *Paspalum dilatatum* (Antera amarela e Uruguaiana) verificou que a maior produção de PB nos genótipos de grama-forquilha, na ausência ou em doses baixas (75 kg N/ha) foi explicada pela maior proporção de folhas colhidas e ausência de florescimento. No entanto, os biótipos de *Paspalum dilatatum* nos mesmos tratamentos, apresentaram uma tendência de alongamento dos colmos e grande percentagem de filhinhos reprodutivos. Em experimento conduzido por Alvin et al. (1998) com *Cynodon dactylon* cv Coast-cross, os autores obtiveram valores de PB que variaram de 10,9% a 23,4% na época das chuvas, e 10,3% a 18% na época da seca, mediante a aplicação de 750 kg N/ha/ano, com intervalos de corte de duas semanas na época da seca e quatro semanas na época da chuva. A concentração de PB das gramíneas é altamente influenciada pela oferta de N, seja proveniente do solo ou através da adubação nitrogenada. O aporte de N ao sistema propicia o desenvolvimento de tecido novo, rico em proteína e pobre em parede celular e lignina. No entanto, em algumas situações pode ocorrer decréscimo do valor nutritivo, pois devido ao rápido crescimento, pode ocorrer aumento na produção de caules (Blaser, 1964; Whitney, 1974).

Segundo Lazenby (1981), a resposta à adubação nitrogenada é variável, sendo normalmente crescente até 300 kg/ha/ano para as gramíneas temperadas e até 400 kg/ha/ano para as gramíneas tropicais. No entanto, Vicente-Chandler (1973) afirma que as gramíneas tropicais podem responder a doses de nitrogênio de até 1800 kg/ha/ano e as respostas ocorrem de forma diferenciada, dependendo da espécie. Silva et al. (1996) observaram em pastagens naturais do Rio Grande do Sul que doses de N de até 100 kg/ha incrementaram linearmente a produção de MS e PB.

Conforme citado por Carámbula (1977), para cada incremento na dose de N se produz um aumento na produtividade de massa seca, diminuindo percentualmente à medida que a dose do fertilizante aumenta, até que em doses superiores a 500 kg/ha de N, as produtividades alcançam nível máximo e se estabilizam. Depois de ocorrida a adubação nitrogenada, quanto maior for o período de crescimento da forragem, maior será o efeito do N em aumentar a produtividade de MS e menor será o seu teor de PB. Na ocorrência de fatores limitantes no sistema, o crescimento vegetal é cessado, destinando a maior proporção de assimilados às raízes em detrimento da parte aérea (Bélanger et al., 1992b). O N é um dos elementos mais essenciais e limitantes para produção e persistência das gramíneas forrageiras. Compreender a dinâmica do acúmulo da biomassa e os processos morfogênicos envolvidos frente às diferentes disponibilidades desse elemento é de grande importância para inferir em práticas adequadas de manejo que respeitem os limites ecofisiológicos das espécies forrageiras.

## HIPÓTESES E OBJETIVOS

### Hipótese:

A resposta da produção de forragem de *Paspalum notatum* ao aumento na disponibilidade de nitrogênio é reflexo do seu efeito positivo sobre as características morfogênicas genotípicas e estruturais da parte aérea em detrimento da produção de biomassa subterrânea.

### Objetivo geral:

Determinar a resposta do ecótipo André da Rocha de *P. notatum* à disponibilidade crescente de nitrogênio, através de seus atributos morfogênicos e da sua estratégia de repartição da biomassa.

### Objetivos específicos:

a) Determinar as características morfogênicas e estruturais - taxa de expansão foliar, filocrono, duração de vida da folha, tamanho final da folha, número de folhas vivas por perfilho, taxa de perfilhamento, taxa de expansão do rizoma e número de rizomas por planta da espécie *Paspalum notatum* ecótipo André da Rocha sob diferentes doses de nitrogênio;

b) Determinar a produção de biomassa da parte aérea e das partes subterrâneas do ecótipo André da Rocha sob diferentes disponibilidades de nitrogênio;

c) determinar o efeito de diferentes disponibilidades de nitrogênio sobre a relação parte aérea/parte subterrânea em *P. notatum* ecótipo André da Rocha.

## **CAPÍTULO II**

**RESPOSTAS MORFOGÊNICAS E ESTRUTURAIS DE *PASPALUM NOTATUM* ECÓTIPO ANDRÉ DA ROCHA À DISPONIBILIDADE DE NITROGÊNIO**

**Resumo** - O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, visando avaliar o efeito da disponibilidade de nitrogênio sobre o desenvolvimento de *Paspalum notatum* ecótipo André da Rocha. Utilizaram-se vasos de Leonard com solução nutritiva completa, com exceção do N, o qual foi adicionado como nitrato de amônia ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) para atingir as doses de  $\text{N}_1$  (37,5),  $\text{N}_2$  (75),  $\text{N}_3$  (150) e  $\text{N}_4$  (300) mg N/vaso. As plantas foram obtidas através de mudas constituída de rizomas recém colhidos, com tamanho e peso similares. Os vasos foram distribuídos em delineamento completamente casualizado, com quatro tratamentos e sete repetições de uma planta por vaso. Medidas das principais características morfogênicas e estruturais foram realizadas duas vezes por semana durante 51 dias após a aplicação do N, entre abril e junho. A taxa de surgimento de folhas respondeu positivamente ao incremento na disponibilidade de N, determinando filocronos para a haste principal de 71, 81, 115 e 130 °C/folha da maior para menor dose, respectivamente. A taxa de expansão foliar, o número médio de folhas verdes por perfilho, a taxa de perfilhamento, a taxa de expansão do rizoma e seu tamanho final foram igualmente afetados positivamente com o aumento da disponibilidade de N. O potencial deste ecótipo demonstra alta capacidade de resposta ao nitrogênio, manifestada através da maior taxa de surgimento de folhas, aumento da taxa de expansão foliar, número de folhas verdes por perfilho e, principalmente, através do número de perfilhos emitidos.

**Palavras-chave:** duração de vida da folha, filocrono, perfilhamento, taxa de expansão foliar, rizoma

**MORPHOGENETIC AND STRUCTURAL RESPONSES OF  
PASPALUM NOTATUM ECOTYPE ANDRÉ DA ROCHA TO NITROGEN  
AVAILABILITY**

**Abstract** - The trial was conducted in a glasshouse at Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, to evaluate the effect of nitrogen on the development of *Paspalum notatum* ecotype André da Rocha. Leonard's pots were utilized with a complete nutritive solution without N, which was applied as ammonium nitrate ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ), to obtain doses of  $\text{N}_1$  (37.5),  $\text{N}_2$  (75),  $\text{N}_3$  (150) and  $\text{N}_4$  (300) mg of N/pot. The plants were obtained from fresh pieces of rhizomes with similar length and weight. Treatments were distributed on a completely randomized design, with seven replicates containing one plant per pot. Measurements of the main morphogenetic characteristics were taken twice a week during 51 days after N application. The leaf appearance rate was positively related to N disposability, determining phyllochrons of 71, 81, 115 and 130 °C/leaf from the biggest to the smallest N level, respectively. Leaf expansion rate, average number of green leaves per tiller, tillering rate, rhizome expansion rate and rhizome final length were equally affected by N. However, average final leaf length and leaf life span were not affected. This ecotype demonstrate high response to N, as consequence of higher leaf appearance rate, leaf expansion rate, number of green leaf per tiller and mainly due to a greater tillering rate.

**Keywords:** leaf expansion rate, leaf life span, phyllochron, tillering, rhizome

## INTRODUÇÃO

As formações campestres do sul do Brasil apresentam ampla diversidade florística, no Bioma Pampa totalizam cerca de 3000 espécies vegetais, sendo que as espécies forrageiras estão representadas por mais de 450 gramíneas e cerca de 150 leguminosas (Boldrini, 1997; 2009). Este ecossistema constitui a principal fonte forrageira para pecuária e, desde que utilizado de forma adequada, constitui a melhor opção ecológica e econômica para produção animal neste ambiente. Assim, o conhecimento das principais espécies presentes nesta comunidade vegetal, mensurado seu potencial produtivo e suas limitações, é fundamental para determinar práticas adequadas de manejo ou obter genótipos que possam ser utilizados em programas de melhoramento vegetal ou serem utilizados diretamente para formar pastos cultivados.

É interessante a exploração das espécies locais como espécies cultivadas e, dentre as diversas espécies nativas com grande potencial produtivo destaca-se o *Paspalum notatum* (grama-forquilha), gramínea perene que vegeta relativamente bem em solos mais secos e arenosos. Propaga-se por sementes e arraiga-se ao solo mediante o desenvolvimento de rizomas supraterrâneos, formando um denso “tapete”. É a espécie de maior frequência nas formações pastoris naturais do sul do Brasil (Barreto & Boldrini, 1990) e seu potencial produtivo tem sido demonstrado em alguns trabalhos (Costa et al., 1997a; Costa et al., 1997b; Boggiano et al., 1999) e o ecótipo André da Rocha tem se mostrado como um dos mais promissores (Costa, 1997).

Os efeitos positivos do nitrogênio na produção e qualidade das forrageiras são incontestáveis, sendo que, após a água, é o principal componente do protoplasma

vegetal. O nitrogênio atua como elemento fundamental na produção de gramíneas e a resposta da planta está associada a aspectos morfológicos e fisiológicos do seu crescimento. A deficiência de nitrogênio restringe o número de afilhos, o crescimento e a eficiência fotossintética das folhas. Conhecer a resposta ao nitrogênio é fundamental para manejar corretamente o pasto, adequando o ritmo da desfolha ao ritmo morfogênico, que é determinado pelo maior ou menor suprimento desse elemento (Nabinger, 1998). No entanto, os mecanismos morfofisiológicos explicativos deste potencial produtivo não são conhecidos para esse genótipo. Uma forma de entender o processo que potencializa o acúmulo de biomassa em resposta a algum fator do meio é o estudo das respostas a disponibilidades crescentes deste fator.

O objetivo do presente trabalho foi quantificar os processos morfogênicos que potencializam o acúmulo de biomassa da espécie *Paspalum notatum*, ecótipo André da Rocha, em resposta a diferentes disponibilidades de nitrogênio.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, localizada na Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS, Brasil. As plantas utilizadas foram desenvolvidas a partir de rizomas coletados em área de multiplicação do ecótipo André da Rocha (*Paspalum notatum*), oriundas da Estação Experimental Agronômica (UFRGS), Eldorado do Sul, RS. Nesta coleta, selecionaram-se rizomas com um meristema apical ativo e com tamanho e peso fresco semelhante ( $3 \text{ g} \pm 0,25$ ), em estágio vegetativo. Todas as folhas e raízes presentes foram cortadas e estes propágulos (1 por vaso) enterrados em areia esterilizada (fração  $> 2\text{mm}$ ),

diretamente em vasos de Leonard, com capacidade de 1 litro. A solução nutritiva utilizada foi a solução padrão de Norris (Norris & Date, 1976), à qual se adicionou doses de  $N_1$  (37,5),  $N_2$  (75),  $N_3$  (150) e  $N_4$  (300) mg de nitrato de amônia ( $NH_4NO_3$ ) (PM=80 g), sendo estes tratamentos distribuídos em delineamento completamente casualizado, com sete repetições.

Ao longo do período experimental, os vasos foram rotacionados sobre a mesa, para evitar distintos gradientes de luz e temperatura existentes na casa de vegetação. Vinte dias após o plantio, iniciaram-se as observações do número e comprimento de cada folha completamente expandida, em expansão e senescente e do número total de perfilhos por planta em todas as unidades experimentais. Todas as medições de comprimento foram realizadas com régua graduada em milímetros, sendo que o comprimento da folha foi tomado desde a ponta até a lígula para as folhas completamente expandida e da ponta até a lígula da folha anterior para as folhas em expansão. As folhas em senescência foram medidas desde o início da parte ainda verde até a sua lígula. As medidas foram tomadas duas vezes por semana durante 51 dias.

As variáveis morfogênicas - taxas de surgimento de folhas (TSF), taxa de expansão foliar (TEF) e taxa de expansão do rizoma (TER), foram calculadas através de regressão linear entre as variáveis estruturais - número total de folhas surgidas (NTFS), comprimento final de folhas (CFF) e comprimento final do rizoma (CFR), ao longo do período experimental. As morfogênicas foram relacionadas com base na soma térmica decorrida no mesmo período e calculada através do somatório das médias diárias entre a temperatura máximas e mínimas absolutas registradas em termohigrógrafo colocado junto às unidades experimentais. O filocrono foi calculado como o inverso do

coeficiente angular da regressão ( $1/b$ ) entre o número de folhas surgidas e a soma térmica. O número de folhas verdes por perfilho (NFVP) foi considerado como a média de folhas presentes por perfilho após o início da senescência. A densidade de perfilhos (DP) foi encontrada através das médias de perfilhos vivos. A duração de vida da folha (DVF) foi calculada através da divisão do número de folhas vivas por perfilho pelo filocrono correspondente ao tratamento de N.

Os resultados referentes às taxas de surgimento e de expansão foliar foram analisados por regressão linear entre o número de folhas surgidas e a soma térmica decorrida no período, utilizando o procedimento (PROC REG) do pacote estatístico SAS (SAS, 1990). As análises de variância das demais variáveis, foram realizadas através do procedimento (ANOVA) do mesmo programa estatístico, sendo as médias comparadas teste de Tukey a 5%.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O aumento da disponibilidade de N mostrou efeito gradativo frente à taxa de surgimento de folhas (TSF) da haste principal. Verifica-se na Figura 1, que o coeficiente angular da evolução do número de folhas por perfilho com o acúmulo de temperatura é diferente para cada dose utilizada. Sob condições severas de deficiências de N, a aplicação deste elemento age de forma positiva, pois a TSF passa a ser a prioridade em prejuízo de outros, como, o afilhamento, tamanho e a longevidade das folhas. Este comportamento é mais evidente nas gramíneas cespitosas em relação às estoloníferas, pois nestas, o N atua diretamente na taxa de expansão dos estolões, e conseqüentemente reduzindo a TSF (Cruz & Boval, 2000). No que diz respeito ao ecótipo André da Rocha,

a TSF vai ao encontro do que foi encontrado por Patês et al., (2007) com *Panicum maximum* cv Tanzânia. Porém, difere do que foi observado por Quadros & Bandinelli (2005) com *Paspalum urvillei* e Hirata (2000), com *Paspalum notatum*, que por sua vez, mantiverem suas TSF frente aos níveis de N aplicados.

O filocrono indica a velocidade com que as folhas estão sendo formadas, assim, quanto maior for seu valor, maior é a soma térmica necessária para o aparecimento de uma folha. É uma variável pertinente em seu significado por sugerir uma necessidade de desfolha mais ou menos frequente e em qual intensidade. No tratamento N<sub>1</sub>, dose aplicada de 37,5 mg/planta, o filocrono verificado foi de 130 °C/folha, havendo diminuição desta variável de acordo com o aumento das doses de nitrogênio dos tratamentos. Para o tratamento N<sub>2</sub>, dose de 75,0 mg/planta de N o filocrono encontrado foi de 115 °C/folha; para o tratamento N<sub>3</sub>, dose de 150,0 mg/planta de N, verificou-se o filocrono da ordem de 81 °C/folha; e já para o tratamento com a maior dose de nitrogênio N<sub>4</sub>, dose de 300 mg/planta, o filocrono apresentou valor de 71 °C/folha. Ou seja, à medida que se aumenta a disponibilidade de N, mais rapidamente ocorre a formação de uma folha. Isso concorda com Hirata (2000) e Townsend (2008) que encontraram respostas lineares ao aumento das doses de N até 400 e 360Kg N/ha, para *P. notatum* cv Pensacola e para o ecótipo André da Rocha, respectivamente. Os valores de filocrono encontrados no presente trabalho e acima citados foram menores dos que observados por Santos (2005) em experimento à campo com o ecótipo André da Rocha, o qual verificou que no verão a demanda foi de 250°C/folha e no outono 333°C/folha. No entanto, Steiner (2005) a partir do rebrote ocorrido na primavera/verão de plantas cultivadas em vasos registrou filocronos de 116°C. A temperatura tem um efeito

marcante sobre o filocrono, pois representa um dos principais determinantes da taxa de desenvolvimento das plantas, através da multiplicação e extensão celular, com efeitos imediatos sobre os processos de respiração, fotossíntese, transpiração e evaporação (Taiz & Zeiger, 2004), e por conseguinte na morfogênese das mesmas (Lemaire & Agnusdei, 2000). Como demonstrado no trabalho de Eggers et al., (2004) onde os filocronos de *Paspalum notatum* foram da ordem de 182, 164 e 345°C durante a primavera, verão e outono, respectivamente.

Na prática, a velocidade do surgimento de folhas irá determinar o acúmulo de massa em um perfilho, portanto, a massa de forragem produzida em determinada pastagem. A velocidade de consumo das folhas pelos herbívoros, deve ser menor que a velocidade de surgimento das mesmas nas plantas. Além disso, é uma característica inerente ao genótipo de cada espécie, o qual é influenciada diretamente pela temperatura. Em situações de deficiências de recursos do meio, o filocrono é a última característica morfogênica a ser penalizada pela planta (Nabinger, 1998) e, geralmente, em menor magnitude que à observada nos tratamentos do experimento.

Pode-se verificar neste estudo, que a taxa de expansão foliar (TEF) praticamente dobra da menor para maior dose de N (Tabela 1). Experimento realizado por Boggiano (2000) em situação de pastejo apresentou resposta similar à nutrição nitrogenada, e o mesmo foi observado com *P.urvillei* (Quadros & Bandinelli, 2005). Esta característica morfogênica, quando analisada isoladamente, é a variável que mais se correlaciona com a massa de forragem, sendo afetada de forma variada pelos fatores de ambiente e manejo.

As diferentes doses de N também surtiram efeito sobre a taxa de expansão do rizoma (TER), a qual praticamente triplicou da menor dose para maior de N (Tabela 1), determinando rizomas com o dobro do comprimento ao final do período experimental. No entanto, a duração de vida da folha (DVF) não foi afetada pela disponibilidade de N (Tabela 1), provavelmente também devido à ausência do efeito de competição por luz, aonde que, em condições de comunidade, com o aumento das doses de N e assim aumento da massa de forragem do dossel, ocorre maior sombreamento entre as plantas, e desta forma, reduz a DVF. A duração média das folhas do biótipo André da Rocha foi de 584°C/folha, sem efeito significativo da disponibilidade de N. Valor semelhante foi observado por Steiner (2005), o qual encontrou folhas com longevidade de 508°C/folha nesse mesmo ecótipo. Por outro lado, Eggers (1999) verificou valores entre 624 e 862°C/folha na média de diferentes estações do ano, em campo nativo sem fertilização, sendo a variabilidade imputada à disponibilidade hídrica.

Em relação ao comprimento final da folha (CFF), esta variável estrutural é fortemente associada ao tamanho da bainha, pois é dentro desta que se define o número final de células, ocorrendo posteriormente apenas a expansão celular (Davies et al. 1983). Os fatores que determinam o CFF são a TEF e TSF. A variação desta característica é influenciada pela desfolha, via comprimento da bainha quando essa é consumida, e pelas variáveis ambientais - água, temperatura, etc. (Chapman & Lemaire, 1993). Espécies estoloníferas apresentam o início da alongação do estolão dentro da bainha, assim forçando o meristema através do cartucho formado pelas bainhas, e devido a esta particularidade que às espécies estoloníferas apresentam folhas menores em relação às espécies que não possuem esta forma de crescimento. Os dados não

apresentaram diferença significativa para o CFF (Tabela 1). Atribui-se ao fato do tamanho da folha ser determinado pela multiplicação celular que ocorre enquanto a folha em desenvolvimento encontra-se no interior do pseudocolmo, pois é dentro deste que se define o número de células final. Entretanto, devemos considerar que as plantas avaliadas neste experimento estão de forma isolada, sem o efeito de concorrência por luz. É igualmente importante ressaltar que os dados analisados referem-se ao tamanho médio de todas as folhas formadas durante o período de observações, podendo haver um efeito de ordem de surgimento da folha, aqui não considerada. De qualquer forma esse comprimento médio não difere muito dos 14,8 cm encontrados por Santos (2005), na média de diferentes estações do ano.

O número de folhas verdes por perfilho (NFVP) apresentou diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 1), com relação crescente do NFVP com aumento de dose do N. Townsend (2008) observou resultado semelhante em experimento a campo no decorrer do verão, o ecótipo André da Rocha respondeu de forma direta no NFVP às doses de N aplicadas. O NFVP tem um forte determinismo genético, uma vez que as características morfogênicas que originam este atributo estrutural apresentam resposta constante frente à disponibilidade de N. Portanto, afora em situação de déficit severo deste nutriente, o número de folhas vivas pode decair via a aceleração da TSF, por meio do mecanismo de translocação deste nutriente aos pontos de maior demanda (Colabelli et al., 1998)

A densidade de perfilhos (DP) em uma pastagem reflete basicamente uma característica da espécie influenciada pelo manejo de corte ou desfolha e condições do meio (qualidade da luz, temperatura, etc.). E está vinculada à sua TSF. Ou seja, mesmo

que o índice de área foliar (IAF) entre duas espécies seja semelhante, a maior densidade será daquela com a maior TSF. A formação de perfilhos mostrou resposta crescente à disponibilidade de N (Tabela 1), apresentando diferença significativa em todos os tratamentos. As plantas que receberam as menores doses N<sub>1</sub> (37, 5 mg N/planta) produziram somente 17,6% no número de perfilhos formados com a maior disponibilidade N<sub>4</sub> (300 mg N/planta). A adubação nitrogenada atua positivamente na densidade dos pontos de crescimento nas gramíneas, através do estímulo da ativação das gemas axilares, desde que a quantidade e a qualidade da radiação fotossinteticamente ativa sobre estas sejam adequadas (Cruz & Boval, 2000). Estudo conduzido por Costa & Saibro (1984) a respeito do efeito de doses de nitrogênio sobre o desenvolvimento de *Paspalum guenoarum* Arech. semeado em vasos, também constataram aumento do número de perfilhos em função da aplicação de doses crescentes de N. Esta característica explica grande parte da maior produtividade em biomassa aérea em plantas desta espécie adequadamente supridas com nitrogênio, embora as demais características relacionadas ao desenvolvimento individual de cada perfilho também tenham um peso importante.

## CONCLUSÕES

O potencial produtivo de plantas isoladas da espécie *Paspalum notatum* ecótipo André da Rocha é afetado pela deficiência de N. Fator determinante do acúmulo de biomassa, a formação de perfilhos apresenta resposta crescente frente à disponibilidade de N. Do mesmo modo, a TER mostra resposta similar, apresentando ao término do

experimento o dobro do comprimento no tratamento de maior dose de N em relação a menor dose. A TEF e a TSF também tiveram incrementos pelas doses de N. O ecótipo André da Rocha apresenta-se como gramínea promissora para a formação de ambientes pastoris que aceleram a recuperação de áreas degradadas, porque demonstra a característica de rápida distribuição espacial pelo solo.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barreto, I.L. and Boldrini, I.I. 1990. Aspectos físicos, vegetação e problemática das regiões do litoral, Depressão Central, Missões e Planalto do Rio Grande do Sul. In: Puigneau, J. P. (ed.) Introducción, conservación y evaluación de germoplasma forrajero en el Cono Sur: Primer taller de trabajo de la red de forrajeras del Cono Sur. Montevideo: IICA-PROCISUR. p.199-210.

Boldrini, I. I. 1997. Campos do Rio Grande do Sul: caracterização fisionômica e problemática ocupacional. Porto Alegre: Instituto de Biociências da universidade do Rio Grande do Sul, 1997. (Boletim do Instituto de Biociências, 56)

Boldrini, I. I. (ed.) 2009. Biodiversidade dos Campos do Planalto das Araucárias. Ministério do Meio Ambiente, Brasília.

Boggiano, P. R. O.; Maraschin, G.E.; Nabinger, C. et al. Effect of herbage allowance and nitrogen fertilization on tiller density and weight of *Paspalum notatum* Flügge in a natural pasture in Rio Grande do Sul. In: Moraes A.; Nabinger, C.;

Carvalho, P.C.F. et al. (ed.) Anais do Simpósio International Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology. Curitiba: UFPAR. 1999. p. 391-394.

Boggiano, P. R. Dinâmica da produção primária da pastagem nativa em área de fertilidade corrigida sob efeito da adubação nitrogenada e oferta de forragem. (2000). 191 f. Tese (doutorado). PPG Zootecnia, UFRGS, Porto Alegre, 2000.

Chapman, D.F.; Lemaire, G. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: International Grassland Congress, 17., Palmerston North, 1993. Proceedings. Palmerston North: New Zealand Grassland Association; Keeling & Mundi, 1993. p.95-104

Colabeelli, M.; Agnusdei, M.; Mazzanti, A.; Labreveux, M. El proceso de crecimiento y desarrollo de gramíneas forrajeras como base para el manejo de La desfoliacion. Belcarce, Província de Buenos Aires; Inta-Centro Regional de Buenos Aires Sur, 1998 21p.

Costa, N de L.; Saibro, J.C. Adubação nitrogenada, épocas e alturas de corte em *Paspalum guenoarum* Arech. Agronomia Sulriograndense, Porto Alegre, RS, v.20, n.1, p. 33-49, 1984.

Costa, J. A. A.; Nabinger, C.; Spannemberg, P. R. O. et al. Eficiência do uso da radiação e ajuste de um modelo de produção potencial para biótipos de *Paspalum notatum* Flügge var. *notatum*. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 10. Anais... Piracicaba, SP: SBA. 1997a. p. 155-157.]

Cruz, P.; Boval, M. Effect of Nitrogen on Some Morphogenetic Traits of Temperate and Tropical Perennial Forage Grasses. In: Lemaire, G; Hodgson, J.;

Moraes, A. et al. (ed.) Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology. Wallingford: CABI Publishing, 2000. p. 151-168.

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.; Evans, M. E.; Exley, J. K. Regrowth of perennial ryegrass as affected by simulated leaf sheaths. *Journal of Agriculture Science (Cambridge)*, v. 101, p.131-137, 1983

Eggers, L 2004. Phyllochron of *Paspalum notatum* Fl. And *Coelorhachis selloana* (Hack ) Camus in natural pasture. *Scientia Agricola*, v.61, n.4, p.353-357.

Lemaire, G.; Agnusdei, M. Leaf tissue turn-over and efficiency of herbage utilization. In: Lemaire, G.; Hodgson, J.; Moraes, A. et al. (Eds.) Grassland ecophysiology and grazing ecology. Wallingford: CAB International, 2000. p.265-288

Nabinger, C. Princípios de manejo e produtividade de pastagens. In: Ciclo de palestras em produção e manejo de bovinos de Corte, 3, Canoas, 1998. *Anais...Canoas: ULBRA*, 1998, p. 54-107.

Nabinger, C.; Pontes, L. S. Morfogênese de plantas forrageiras e estrutura do pasto. In: Reunião Anual da sociedade Brasileira de Zootecnia, Piracicaba, 2001. *Anais... Piracicaba: Fealq*, 2001. p. 755-770.

Norris, D.O.; Date, R.A. Legume bacteriology. In: Sham, N.H.; Bryan, W.W. (Ed.). Tropical pasture research: principles and methods. Hurley: Commonwealth Bureau of Pastures and Field Crops, 1976. p.134-174. (Commonwealth Bureau of Pastures and Field Crops. Bulletin, 51).

Hirata, M.; Pakinding, W. Tiller dynamics in a bahiagrass (*Paspalum notatum*) pasture under cattle grazing. Tropical grasslands, St. Lucia, AUS, v.35. n.2, p.151-160, 2001.

Patês, N. M. S., Pires, A. J. V., Silva, C. C. F., Santos, L. C., Carvalho, G. G. P. e Freire, M. A. L. Características morfogênicas e estruturais do capim-tanzânia submetido a doses de fósforo e nitrogênio. Revista Brasileira de Zootecnia, 36: 1736-1741, 2007.

Quadros, F.L.F; Bandinelli, D.G. Efeito da adubação nitrogenada e de sistemas de manejo sobre a morfogênese de *Lolium multiflorum* Lam. e *Paspalum urvillei* Steud. em ambiente de várzea. Revista Brasileira de Zootecnia, v.34, n.1, p.44-53, 2005.

Santos, R.J. dos. Dinâmica do crescimento e produção de cinco gramíneas nativas do Sul do Brasil. 2005. 119f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS.

Steiner, M.G. Caracterização agronômica, molecular e morfológica de acessos de *Paspalum notatum* Flüge e *Paspalum guenoarum* Arech. 2005. 129f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

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.

Taiz, L.; Zeiger, E. Fisiologia vegetal. Porto Alegre: Artmed, 2004. p.449-484.

Towsend, C.R. Características produtivas de gramíneas nativas do gênero Paspalum, em resposta à disponibilidade de nitrogênio. 2008. 267 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

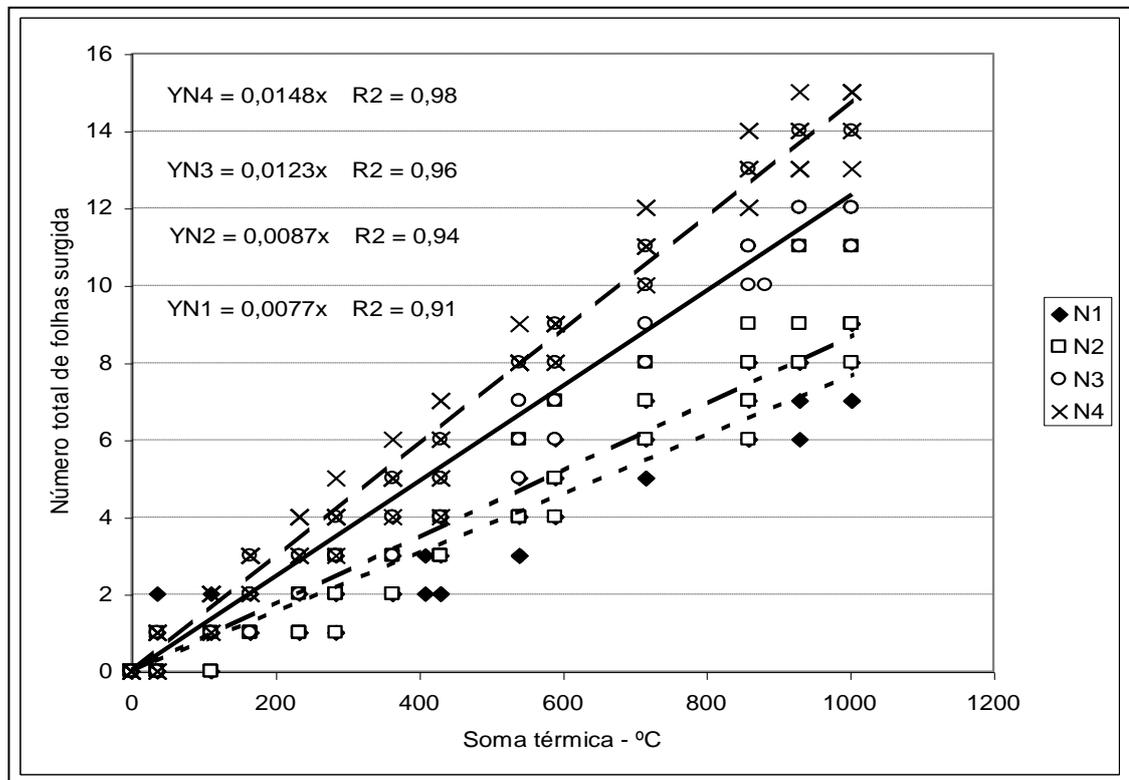


FIGURA 1. Evolução do número de folhas surgidas no perfilho principal de *Paspalum notatum* ecótipo André da Rocha, em função da soma térmica acumulada a partir do início das observações e equações de regressão para cada dose de N, utilizadas para o cálculo do filocrono.

Tabela 1. Taxa de expansão foliar - TEF (cm/°C/perfilho), comprimento final da folha - CFF (cm), número de folhas verdes por perfilho - NFVP, duração de vida da folha - DVF(°C), comprimento final do rizoma - CFR (cm), taxa de expansão do rizoma -TER (cm/°C) e densidade de perfilhos - DP, medidos no perfilho principal de *Paspalum notatum* ecótipo André da Rocha sob efeito de diferentes doses de N, e respectivo coeficiente de variação para cada variável.

Níveis de N	TEF	CFF	NFVP	DVF	CFR	TER	DP
N <sub>1</sub>	1,40 a <sup>1</sup>	15,4 a	4,14 a	538 a	12,6 a	0,11 a	7,6 a
N <sub>2</sub>	1,67 a	13,2 a	5,86 b	673 a	15,5 b	0,19 b	13 b
N <sub>3</sub>	2,57 b	11,5 a	7,43 bc	603 a	23,1 c	0,25 c	24 c
N <sub>4</sub>	3,23 b	13,3 a	7,71 c	521 a	26,0 d	0,31 d	43 d
CV	22,6%	18,4%	23,2%	26,3%	8,2%	12,0%	71,4%

<sup>1</sup> Letras distintas na coluna indicam diferença significativa (LSM < 0,05)

### **CAPÍTULO III**

## REPARTIÇÃO DA BIOMASSA DE PASPALUM NOTATUM ECÓTIPO ANDRÉ DA ROCHA EM RESPOSTA À DISPONIBILIDADE DE NITROGÊNIO

**Resumo** - O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Faculdade de Agronomia da UFRGS, onde se avaliou o efeito do nitrogênio sobre a repartição da matéria seca de *Paspalum notatum*, ecótipo André da Rocha, importante espécie nativa dos campos do Rio Grande do Sul. Utilizaram-se vasos de Leonard com solução nutritiva completa, com excessão do nitrogênio (N), o qual foi adicionado como nitrato de amônio ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) para atingir as doses de  $\text{N}_1$  (37,5),  $\text{N}_2$  (75),  $\text{N}_3$  (150) e  $\text{N}_4$  (300) mg N/vaso. Foram utilizadas mudas originadas de rizomas com peso e tamanho similar. O delineamento utilizado foi completamente casualizado, constando de quatro tratamentos e sete repetições de uma planta por vaso. Após cento e dez dias de crescimento, entre março e junho, as plantas foram separadas nos componentes - raízes, rizomas, e parte aérea. Na parte aérea, a haste principal foi separada em - bainhas, folhas completamente expandidas e em expansão, perfilhos e material morto. Os perfilhos foram separados apenas em folhas verdes e rizomas. A biomassa de folhas completamente expandidas na haste principal foi maior somente na dose mais alta, enquanto a massa de folhas em expansão não foi afetada. Os componentes que mais responderam ao aumento do N foram a produção da parte subterrânea (raízes + rizomas), que aumentou 68%, e a produção de perfilhos que aumentou em dez vezes. A produção de biomassa subterrânea representou 85,6%, 83,1%, 81,1% e 76,9% da biomassa total, para os níveis crescentes de N, indicando que na deficiência deste elemento, a planta prioriza a alocação de assimilados para este compartimento, em detrimento da parte aérea, particularmente para a formação de perfilhos.

**Palavras-chave:** Folhas em expansão, folhas expandidas, parte aérea, parte subterrânea, perfilhos, rizomas

## BIOMASS PARTITIONING OF *Paspalum notatum* ECOTYPE ANDRÉ DA ROCHA IN RESPONSE TO NITROGEN SUPPLY

**Abstract** - The trial was conducted in a glasshouse at the Faculdade de Agronomia of UFRGS, to evaluate the effect of nitrogen on dry matter partitioning of *Paspalum notatum* ecotype André da Rocha. Leonard's pots were utilized with a complete nutritive solution without N, that was applied as ammonium nitrate ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) to obtain doses of  $\text{N}_1$  (37,5),  $\text{N}_2$  (75),  $\text{N}_3$  (150) and  $\text{N}_4$  (300) mg of N/pot. The plants were obtained from fresh pieces of rhizomes with similar weight and treatments were distributed on a completely randomized design, with seven replicates of one plant per pot. After 110 days of growing, the plants were removed and separated in aerial and subterranean parts. The main axis was divided in blades of completely expanded and emerging leaves, sheaths and secondary tillers. Secondary tillers were separated only in green leaves and rhizomes. Completely expanded leaves of the main axis only responded to the 300 mg N dose and emerging leaves were not affected. The components more responsive to N wereas dry matter production of subterranean parts (roots + rhizomes) that wereas 68% greater in the biggest dose related do the smallest, and dry matter production of secondary tillers that produced ten times more. The subterranean parts represented 85.6%, 83.1%, 81.1% and 76.9% of the total plant biomass with increasing levels of N/plant respectively, indicating a priority to attend the demand of this compartment at expenses of aerial parts, particularly new tillers.

**Keywords:** aerial biomass, emerging leaves, expanded leaves, rhizomes, subterranean biomass, tillers

## INTRODUÇÃO

Os campos naturais do sul do Brasil apresentam-se caracterizados por ampla variedade de espécies forrageiras. A utilização eficiente deste recurso natural está atrelada ao conhecimento das potencialidades e limitações das espécies mais frequentes desta comunidade vegetal frente às distintas condições apresentadas pelo ambiente. É fundamental o conhecimento das respostas das plantas em situações limitantes de crescimento, principalmente aos fatores manejáveis, como água, nutrientes, minerais, etc., desta forma, definir práticas de manejo adequadas e economicamente mais vantajosas são imprescindíveis ao sucesso do sistema produtivo.

A distribuição dos fotoassimilados nas plantas é um processo complexo que envolve várias vias metabólicas, e apesar da prioridade da distribuição dos assimilados ser um atributo programado geneticamente, é fortemente influenciada por fatores ambientais. Os principais fatores ambientais que influem são a temperatura - responsável por efeitos imediatos sobre os processos bioquímicos (respiração, fotorrespiração e fotossíntese), físicos (transpiração) e morfogênicos das plantas (Gillet, 1984). A radiação a qual desempenha papel determinante no crescimento e desenvolvimento das plantas, visto que, algumas enzimas da fotossíntese são fortemente controladas pela luz. Segundo Lemaire (2001), a utilização do CO<sub>2</sub> pelas plantas irá ser determinada pelo nível de captura de luz, e a sua consequente assimilação é responsável pelo fornecimento tanto de esqueletos de C para o crescimento das plantas, como para a manutenção e ativação de todas as funções metabólicas, as quais em grande parte determinam a capacidade de aquisição de N e de outros nutrientes.

A água influencia diretamente na absorção de C e nas trocas gasosas, e apresenta-se como um meio de dissipação do excesso de energia solar recebida pelas folhas, evitando o dessecamento foliar, e o excesso de temperatura (Lemaire, 2001). E por fim, os nutrientes, em se tratando do nitrogênio, atuam como principal limitante ao crescimento das plantas, o qual em condições de déficit limita a resposta fotossintética por limitação na concentração da clorofila (Morales, 1998; Lemaire, 2001) e conseqüentemente, definem a produção e a persistência de espécies forrageiras.

Em condições de baixa disponibilidade de C, a contenção na utilização de assimilados inicia pelo perfilhamento, e posteriormente pela redução no tamanho da folha e duração de vida da folha. Deficiências no teor de N têm pouco efeito sobre a taxa de aparecimento foliar em gramíneas. Entretanto, em gramíneas de hábito de crescimento estolonífero estes efeitos podem ser mais marcantes, consequência da marcante redução no alongamento do entrenó que empurraria o ápice meristemático para fora da bainha da folha precedente (Cruz & Boval, 1999). Segundo Carvalho et al., (2001) os fatores limitantes afetam a prioridade de distribuição dos fotoassimilados, de modo que a redução na produção da parte aérea reflete uma maior parcela de compostos carbônicos enviados à parte subterrânea. Na presença de fatores limitantes ao aporte de N e outros nutrientes à planta há aumento na proporção de assimilados destinados às raízes (Bélanger et al., 1992) e diminuição da capacidade fotossintética do dossel (Gastal & Bélanger, 1993).

Dentre as gramíneas nativas, o gênero *Paspalum* ocupa um lugar de destaque, pois engloba o maior número de espécies e também a maioria com alto valor forrageiro (Valls, 1987). As espécies de *Paspalum* estão presentes em praticamente todos os

campos naturais sul-americanos, e frequentemente sendo as responsáveis pela maior parte da biomassa produzida. A grama-forquilha (*Paspalum notatum*) como é conhecida no RS, está entre as espécies mais frequentes, porém, não são bem conhecidos os mecanismos de persistência que tornam esta espécie geralmente a mais comum nas pastagens nativas do sul do Brasil (Barreto & Boldrini, 1990).

Acredita-se que seja o resultado de modificações na prioridade de repartição de assimilados em situações de deficiências de fatores de produção. Entre os muitos ecótipos existentes no sul do Brasil, o ecótipo André da Rocha (*Paspalum notatum*) tem se revelado altamente promissor (Costa et al., 1997), mas os mecanismos que resultam nesta maior produção não são bem conhecidos.

Estudar a repartição da biomassa acumulada frente a diferentes disponibilidades de N se constitui em um meio para entender as respostas produtivas e inferir sobre os mecanismos de persistência e produção. O objetivo do presente trabalho foi quantificar a distribuição da biomassa em plantas de *Paspalum notatum* ecótipo André da Rocha, na ausência de competição entre plantas e sob doses diferentes doses de nitrogênio.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido em casa de vegetação localizada na Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS, Brasil. As plantas utilizadas foram desenvolvidas a partir de rizomas coletados em área de multiplicação da espécie *Paspalum notatum* var. *latiflorum* ecótipo André da Rocha, localizada na Estação Experimental Agrônômica (UFRGS), Eldorado do Sul, RS.

Selecionaram-se rizomas com um meristema apical ativo e com tamanho e peso fresco semelhante ( $3 \text{ g} \pm 0,25$ ), em estágio vegetativo. Todas as folhas e raízes presentes foram cortadas e estes propágulos enterrados em areia esterilizada (fração  $> 2\text{mm}$ ), diretamente em vasos de Leonard, com capacidade de 1 litro. Utilizou-se um propágulo por vaso. A solução nutritiva utilizada foi a solução padrão de Norris (Norris & Date, 1976), à qual se adicionou doses de  $N_1$  (37,5),  $N_2$  (75),  $N_3$  (150) e  $N_4$  (300) mg de nitrato de amônia ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) (PM=80 g), que constituíram os tratamentos em estudo, distribuídos num delineamento completamente casualizado, com sete repetições.

Ao longo do período experimental os vasos foram rotacionados sobre a mesa, para evitar diferentes gradientes de luz e temperatura existentes na casa de vegetação. Aos 110 dias após o plantio, as plantas foram retiradas dos vasos, lavadas e separadas em parte aérea e parte subterrânea. Esta última ainda foi separada em raízes e rizomas, enquanto na parte aérea, individualizaram-se na haste principal as bainhas, lâminas foliares em expansão, lâminas completamente expandidas e perfilhos. Os perfilhos não foram individualizados, mas apenas separados em folhas verdes e rizomas. Em amostra de folhas da haste principal e dos perfilhos mediu-se a área foliar com planímetro ótico e determinou-se o peso específico das mesmas para posterior estimação da área foliar da haste principal e dos perfilhos.

Todos os componentes foram secados em estufa com ar forçado a  $60 \text{ }^\circ\text{C}$ , até peso constante e os resultados expressos em termos de matéria seca. As variáveis que mostraram significância para o efeito dos tratamentos foram submetidas às análises de regressão (PROC REG) para o efeito de doses, utilizando-se procedimentos do programa estatístico SAS (SAS, 1990).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção total de matéria seca por planta respondeu de forma quadrática ao aumento da disponibilidade de nitrogênio (Figura 1A). A principal razão desta resposta foi a participação dos perfilhos que aumentaram de forma linear, enquanto a participação da haste principal aumentou de forma quadrática com máxima resposta em 253 mg N/planta e com uma taxa de incremento até este ponto bem menor do que o incremento na produção total da planta. O acúmulo de biomassa por área é o resultado do desenvolvimento e da integração de todos os perfilhos que compõem as plantas de uma população. Steiner (2005) relatou que o ecótipo André da Rocha apresenta incremento na produção de forragem em resposta aos níveis de crescimento de fertilização nitrogenada, podendo chegar a aproximadamente 14 ton/ha de MS. Beck (2012) encontrou também com este mesmo ecótipo, resposta quadrática das doses de nitrogênio para a produção de matéria seca.

O potencial de perfilhamento de um genótipo está relacionado à capacidade de emissão de folhas. Em situações de cultivo de plantas isoladas, na ausência de competição como no presente estudo, a taxa de aparecimento de perfilhos decorre da coordenação e do sincronismo do desenvolvimento de novos fitômeros. . Para a haste principal não houve efeito ( $P>0,05$ ) sobre a massa de folhas senescentes ( $0,122\pm 0,058$  g/planta), mortas ( $0,323\pm 0,097$  g/planta), bainhas ( $0,485\pm 0,141$  g/planta) e de folhas em expansão ( $0,012\pm 0,007$  g/planta), enquanto a massa de folhas completamente expandidas somente foi maior ( $P<0,05$ ) na dose  $N_4$ , enquanto que as outras não

diferiram entre si. A taxa de alongamento foliar é uma característica dependente da condição nutricional da planta, visto que a zona de alongamento é um local ativo e de grande demanda de nutrientes (Skinner & Nelson, 1995). É na zona de divisão celular onde ocorre a maior deposição de N (Gastal & Nelson, 1994), por esta razão é que o nitrogênio afeta diretamente a taxa de alongamento foliar, por meio da modificação do número de células produzidas.

A produção da parte subterrânea da haste principal aumentou significativamente e de forma quadrática, com máxima resposta em 254 mg N/planta (Figura 2). Para o total dos perfilhos, o aumento na massa de folhas foi linear, mas o principal componente da resposta da massa de perfilhos à disponibilidade de N foi o peso dos rizomas. A produção de biomassa subterrânea total da planta aumentou linearmente (Figura 1B) e representou 71%, 81%, 83% e 86% da biomassa total para as doses de N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub>, N<sub>3</sub> e N<sub>4</sub> mg N/planta, respectivamente. A participação dos rizomas de perfilhos na biomassa subterrânea aumentou com o aumento das doses de N, sendo de 14,7%, 29,7%, 39% e 53,8%, respectivamente. Grise (2006), em trabalho com *P. notatum* cv Pensacola em diferentes intensidades de manejo, adubação nitrogenada e carga animal, encontrou resultados na alocação de biomassa de 4 a 12 vezes para o compartimento raízes-rizomas em relação ao compartimento aéreo folhas+colmo. Confirmando o observado por Blue (1988) e Urquiaga et al (1998), que afirmaram que as gramíneas tropicais alocam grande parte dos fotoassimilados para raízes e rizomas.

A alta proporção de alocação de assimilados a este compartimento também foi relatada por Boggiano et al. (1999), embora em menor grau. Em parte, foi devido ao fato do presente trabalho utilizar plantas isoladas e em solução nutritiva, também porque

as bainhas não foram separadas dos rizomas dos perfilhos, mas provavelmente, devido à época do ano em que foi conduzido o experimento (outono). Costa et al. (1997) verificaram que o modelo de acúmulo potencial de biomassa da parte aérea de *P. notatum* não se reproduz no outono e levanta a hipótese de que os dias curtos associados a temperaturas mais baixas modificam o padrão de alocação de assimilados, priorizando o desenvolvimento de rizomas e o acúmulo de reservas. Nesse contexto, Mislevy et al. (2001) encontraram que *Paspalum notatum* apresenta decréscimo geral a partir de outono, mesmo sob temperaturas adequadas e disponibilidade de água. Quando houve aumento do comprimento dos dias (horas), os autores relataram aumento de 167% no acúmulo total de forragem para Pensacola indicando este fator e não a temperatura, o maior limitante da produção de forragem nestas condições.

Ainda assim, verifica-se que, em baixa disponibilidade de N, a partição de assimilados, mesmo no outono, é prioritariamente direcionada para a formação de raízes e rizomas, em detrimento da parte aérea, sobretudo para o desenvolvimento de novos perfilhos. Hirata & Pakiding (2003) trabalhando com Pensacola sob doses de fertilização nitrogenada e desfolhação, encontraram que os estolões têm um papel chave na tolerância à desfolhação da planta como o órgão principal de armazenamento sustentando as partes aéreas, enquanto que a contribuição das raízes parece ser relativamente nula. Ainda que o padrão de alocação se modifique, a absorção do carbono necessário aumenta com as doses de N e isto foi obtido, em parte, através do aumento da área foliar total por planta, assegurada sobretudo pela participação dos perfilhos que também aumentou linearmente (Figura 2). Segundo Hirata e Pakiding (2004), em estudos da dinâmica de perfilhamento de *Paspalum notatum* em resposta aos

cortes e adubação nitrogenada, os autores relataram 2417 e 1442 perfilho vivos vegetativos/m<sup>2</sup> nas respostas com e sem suplemento de N, respectivamente. Estes dados evidenciam a capacidade desta espécie nativa do RS em produzir biomassa área, e portanto, alocando mais carbono para as outras partes da planta suprindo assim suas funções ecofisiológicas. No entanto, Beck (2012) não encontrou efeito de doses de N no perfilhamento das plantas de *P. notatum* ecótipo André da Rocha e Bagual, o que a autora atribui provavelmente a perdas por volatilização, uma vez que este nutriente foi aplicado apenas em dose única.

## CONCLUSÕES

A deficiência de nitrogênio acarreta alterações no padrão de alocação do carbono na planta, priorizando o acúmulo de massa de raízes e rizomas, em detrimento de novos perfilhos, os quais respondem pela maior parte da resposta em biomassa aérea. A maior parte dos componentes estudados mostraram resposta linear ao aumento na disponibilidade de nitrogênio, indicando provavelmente que as doses utilizadas não foram suficientes para atender a demanda potencial deste ecótipo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barreto, I. L.; Boldrini, I. I. Aspectos físicos, vegetação e problemática das regiões do litoral, Depressão Central, Missões e Planalto do Rio Grande do Sul. In: Puigneau, J.P (ed.) Introducción, conservación y evaluación de germoplasma forrajero en el Cono Sur: Primer taller de trabajo de la red de forrajeras del Cono Sur. Montevideo: IICA-PROCISUR. 1990. p.199-210]

Bélanger, G.; Gastal, F.; WAarembourg, F. The effects of nitrogen fertilization and the growing season on carbon partitioning in a sward of tall fescue. *Annals of Botany*, v.70, p.239-244, 1992b.

Bélanger, G.; Gastal, F.; Lemaire, G. Growth analysis of a Tall Fescue sward fertilized with different rates of nitrogen. *Crop Science*, v.32, n.6, p.1371-1376, 1992a.

Beck, A.P.A. produção de sementes de dois ecótipos de *Paspalum notatum* Fluegge sob diferentes doses de nitrogênio e regimes de corte. 2012. 140 f. Dissertação de mestrado. PPG Zootecnia, UFRGS, Porto Alegre, 2012

Boggiano, P. R. O.; Maraschin, G. E.; Nabinger, C. et al. Effect of herbage allowance and nitrogen fertilization on tiller density and weight of *Paspalum notatum* Flügge in a natural pasture in Rio Grande do Sul. In: Moraes A.; Nabinger, C.; Carvalho, P.C.F. et al. (ed.) I International Symposium on Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology. Curitiba: UFPAR. 1999. Anais.... Curitiba: UFPAR, 1999. p. 391-394

Costa, J. A. A.; Nabinger, C.; Spannenberg, P. R. et al. Eficiência do uso da radiação e ajuste de um modelo de produção potencial para biótipos de *Paspalum*

*notatum* Flüge var. *notatum*. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 10. Piracicaba, 1997. Anais... Piracicaba, SP: SBA. 1997a. p. 155-157.

Costa, J. A. A.; Nabinger, C.; Spannenberg, P. R. et al. Parâmetros básicos para o ajuste de modelos de previsão da produtividade potencial de *Paspalum notatum* Flüge var. *notatum*. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 10. Anais... Piracicaba, SP: SBA. 1997b. p. 158-160.]

Carvalho, C. A. B.; Da Silva, S. C.; SBRISSIA, A. F. et al. Carboidratos não estruturais e acúmulo de forragem em pastagens de *Cynodon* spp. sob lotação contínua. *Scientia Agrícola*, v.58, n.4, p. 667-674, 2001

Cruz, P.; Boval, M. Effect of nitrogen on some morphogenetic traits of temperate and tropical perennial forage grasses. In: Lemaire, G; Hodgson, J.; Moraes, A. et al. (ed.) *Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology*. Wallingford: CABI Publishing. 2000. p. 151-168.]

Gastal, F.; Bélanger, G. The effects of nitrogen and the growing season on photosynthesis of field grown tall fescue canopies. *Annals of Botany*, v.72, p.401-408, 1993.

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

Gillet, M. *Las gramíneas forrajeras: descripción, funcionamiento, aplicaciones al cultivo de la hierba*. Zaragoza: Acribia, 1984, 355p.

Lemaire, G. *Ecophysiology of grasslands: Dynamic aspects of forage plant populations in grazed swards*. In: GOMIDE, J.A., MATTOS, W.R.S., Da SILVA, S.C.

(Eds) International Grassland Congress, 19, São Pedro, 2001. Proceedings... Piracicaba: FEALQ, 2001. p.29-37.

Hirata, M.; Pakinding, W. Tiller dynamics in a bahiagrass (*Paspalum notatum*) pasture under cattle grazing. *Tropical grasslands*, St. Lucia, AUS, v.35. n.2, p.151-160, 2001.

Hirata, M.; Pakinding, W. Dynamics in lamina size in a bahiagrass (*Paspalum notatum*) pasture under cattle grazing. *Tropical grasslands*, St. Lucia, v.36.n.2, p.180-192, 2004.

Morales, A.A. Morfogênese e repartição de carbono em *lotus corniculatus* L cv. São Gabriel sob o efeito de restrições hídricas e luminosas. Tese (mestrado em zootecnia) UFRGS, Porto Alegre, 1998, 74p.

Norris, D. O.; DATE, R. A. 1976. Legume bacteriology. In: Shaw, N. H., Bryan, W. W. (Eds.) *Tropical pasture research - principles and methods*. Brisbane: CAB. p.134-173

Steiner, M.G. Caracterização agronômica, molecular e morfológica de acessos de *Paspalum notatum* Flüggé e *Paspalum guenoarum* Arech. 2005. 129f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre

Skinner, R. H.; Nelson, C. J. Elongation of the grass leaf and its relationship to the phyllochron. *Crop Science*, v.35, n.1, p.4-10, 1995.

Urquiaga, S.; Alves, B.J.R.; Boddey, R.M.; Oliveira, O.C.; Resende, A.S.; Weber, H. Efeito da queima, aplicação de N, irrigação e molibdênio na produtividade e

acumulação de nitrogênio na cana de açúcar a longo prazo. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 1998. 13p. (Embrapa-CNPAB. Documentos, 72).

Valls, J. F. M.; Pozzobon M. T. Variação apresentada pelos principais grupos taxonômicos de *Paspalum* com interesse forrageiro no Brasil. In: Encontro Internacional sobre Melhoramento Genético de *Paspalum*. Nova Odessa, 1987. Anais... Nova Odessa: Instituto de Zootecnia. 1987. p.15-21.

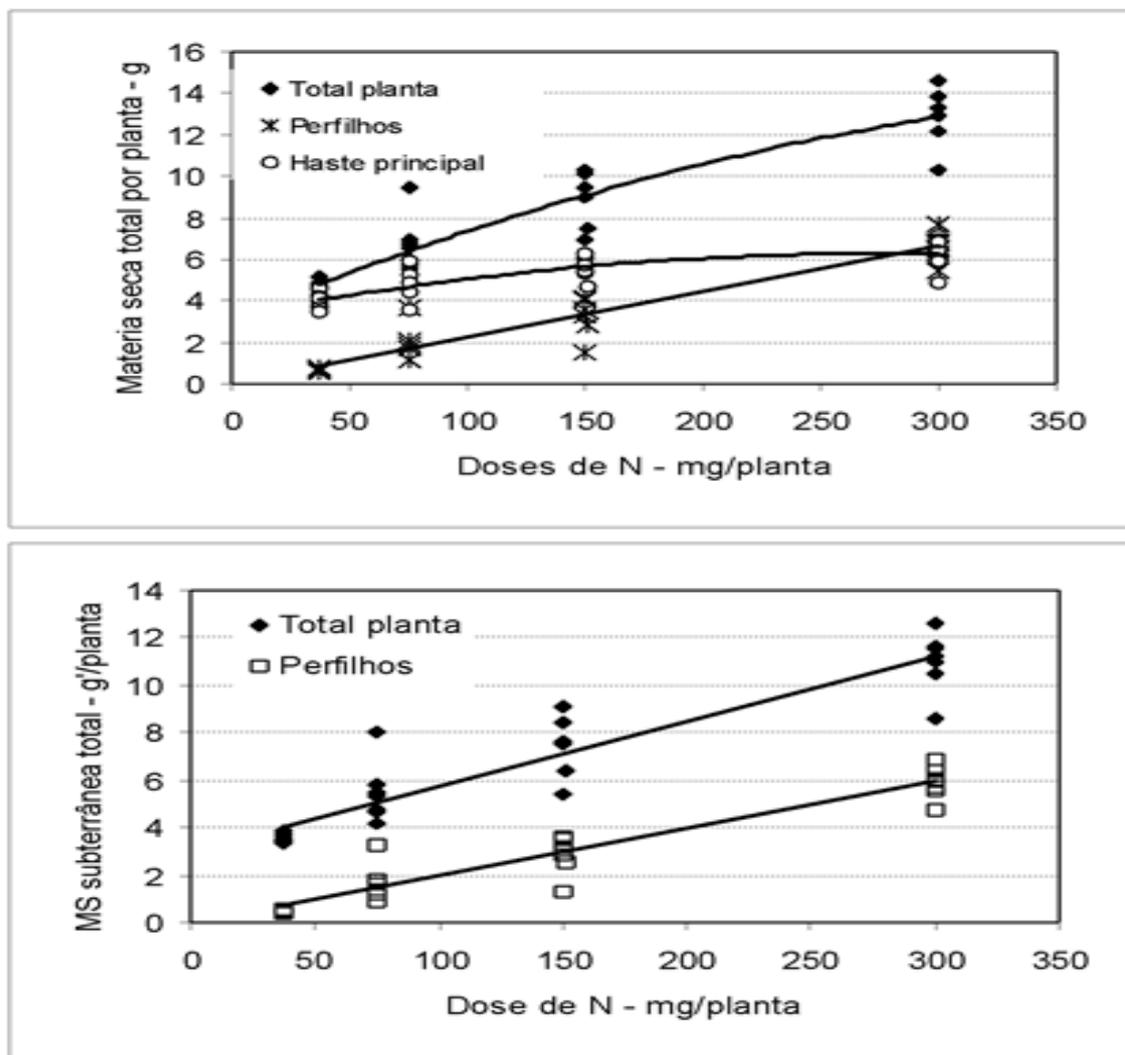


FIGURA 1.(A) Matéria seca total por planta, matéria seca da haste principal e dos perfilhos. (B) Matéria seca subterrânea total (rizomas mais raízes) e dos rizomas, em “*Paspalum notatum*” ecótipo André da Rocha, submetido a diferentes doses de N e após 110 dias de crescimento.

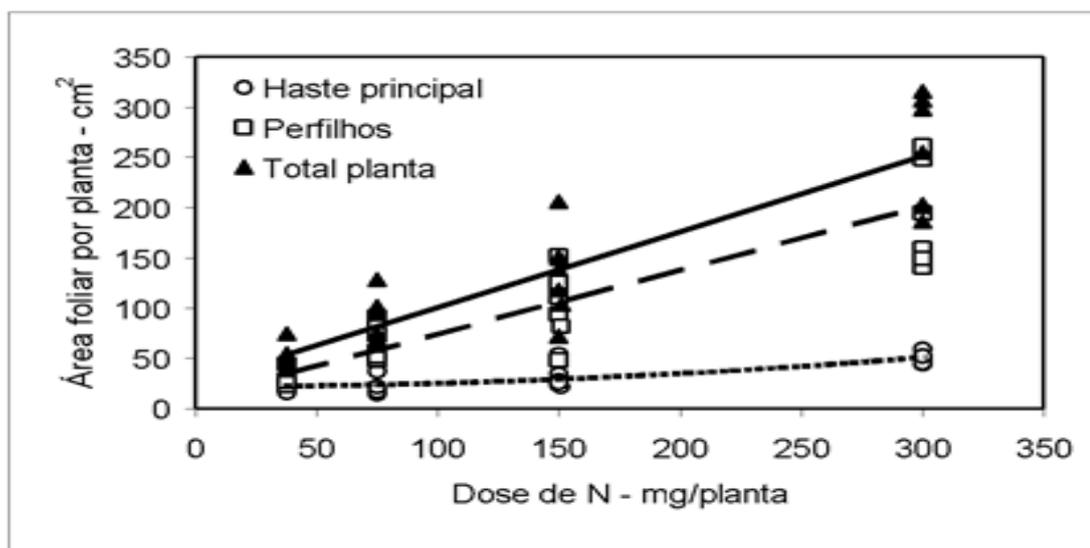


FIGURA 2. Área foliar total por planta e área foliar da haste principal e dos perfilhos de *P. notatum* ecótipo André da Rocha, submetido a diferentes doses de N, ao final de 110 dias de crescimento.

TABELA 1. Efeito das doses de nitrogênio (N) sobre a produção de matéria seca (MS) da parte subterrânea (raízes + rizomas), das bainhas (BA), folhas em expansão (FEE), e das folhas completamente expandidas (FCE) do perfilho principal, produção de matéria seca dos perfilhos, matéria seca de material morto e em senescência por planta, e produção total por planta de *Paspalum notatum* ecótipo André da Rocha. Dados expressos em g por planta.

Dose de N mg/pl	MS raiz + rizomas	MS parte aérea da haste principal				MS dos Perf.	MS morta e em senesc.	MS total por planta
		BA	FEE	FCE	Total FV			
N <sub>1</sub>	3,02 a <sup>1</sup>	0,46 a	0,01 a	0,10 a	0,11 a	0,65 a	0,38 a	4,61 a
N <sub>2</sub>	3,79 b	0,45 a	0,01 a	0,08 a	0,09 a	1,95 b	0,42 ab	6,70 b
N <sub>3</sub>	4,48 c	0,49 a	0,01 a	0,11 a	0,11 a	3,33 c	0,49 b	8,91 c
N <sub>4</sub>	5,09 d	0,54 a	0,02 a	0,15 b	0,17 b	6,57 d	0,49 b	12,86 d
CV%	13,8%	29,7%	58,1%	28,2%	26,7%	22,5%	31,2%	14,1%

<sup>1</sup> Letras distintas na coluna indicam diferença significativa (LSM < 0,05)

## **CAPÍTULO IV**

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aumento na produção de perfilhos frente ao aumento das doses de nitrogênio demonstram elevado potencial na produção de biomassa, justificados pelo comportamento crescente das taxas de surgimento de folhas e de extensão da folha.

Em situações de deficiências deste elemento a planta tende a priorizar a alocação de assimilados no sistema radicular em detrimento da formação de novos perfilhos, desta forma, inibindo o crescimento da parte aérea e conseqüentemente a capacidade fotossintética.

A maior parte das variáveis estudadas apresentou respostas lineares ao aumento das doses de nitrogênio, indicando que seu real potencial produtivo não tenha sido alcançado, e desta forma, sugerindo a realização de novos ensaios com diferentes tratamentos a fim de conhecer melhor a potencialidade da espécie. Entretanto, também é necessário estabelecer aspectos relacionados a ciclagem deste nutriente no sistema solo-planta, e assim, elucidar o comportamento nutricional da espécie, definindo o nível crítico deste nutriente, a partir de sua diluição na fitomassa produzida.

Há necessidade de se avaliar este material em distintas doses de nitrogênio sob pastejo para conhecer as respostas destas plantas nestas condições.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALISCIONI, S. S. Contribución a la filogenia del género *Paspalum* (Poaceae: Panicoideae: Paniceae). **Annals of the Missouri Botanical Garden**, Saint Louis, v.89, p. 504-523,. 2002.

ALVIN, M. J. et al. Resposta do coast-cross (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.) a diferentes doses de nitrogênio e intervalos de cortes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 833-840, set./out. 1998.

ARAÚJO, A. A. de. **Principais gramíneas do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Sulina, 1971. 255p.

BARRETO, I. L. **O Gênero Paspalum (Gramineae) no Rio Grande do Sul**. 1974. 258 f. Tese (livre docência) – Departamento de Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto alegre, 1974.

BARRETO I. Estudo da pastagem nativa no Rio Grande do Sul. **Anuário da Associação Gabrielense de Melhoramento e Renovação de Pastagens**. [São Gabriel], 1963. P.81-86.

BARRETO, I.L.; BOLDRINI, I.I. Aspectos físicos, vegetação e problemática das regiões do litoral, Depressão Central, Missões e Planalto do Rio Grande do Sul. In: PUIGNEAU, J.P (Ed.) **Introduccion, conservacion y evaluacion de germoplasma forrajero en el Cono Sur**: Primer taller de trabajo de la red de forrajeras del Cono Sur. Montevideo: IICA-PROCISUR. 1990. p.199-210

BÉLANGER, G., GASTAL, F., LEMAIRE, G. Growth analysis of a Tall Fescue sward fertilized with different rates of nitrogen. **Crop Science**, Madison, v.32, n.6, p.1371-1376, 1992.

BÉLANGER, G.; GASTAL, F.; WAREMBOURG, F. The effects of nitrogen fertilization and the growing season on carbon partitioning in a sward of tall fescue. **Annals of Botany**, London, v.70, p.239-244, 1992.

BEMHAJA, M. et al. Respuesta a la fertilización nitrogenada de campo natural en basalto profundo. In: REUNIÓN DEL GRUPO TÉCNICO REGIONAL DEL CONO SUR EM MEJORAMIENTO Y UTILIZACIÓN DE LOS RECURSOS FORRAJEROS DEL ÁREA TROPICAL Y SUBTROPICAL: GRUPO CAMPOS, 14., 1994, Termas de Arapey. **Anais...** Montevideo: INIA, 1998. p.119-122. (Série Técnica, 94).

BENCK, G. A. Diversidade e conservação da fauna dos Campos do Sul do Brasil. In: CAMPOS SULINOS: conservação e uso sustentável da biodiversidade. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2009. p. 101-121

BILENCA, D., MIÑARRO, F. **Identificación de áreas valiosas de pastizal en las Pampas y Campos de Argentina, Uruguay y Sur de Brasil**. Buenos Aires: Fundación vida silvestre, 2004. 323p.

BIRCHAN, J.S.; HODGSON, J. The influence of sward condition on rates of herbage growth and senescence in mixed swards under continuous stocking management. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 38, p. 323-331, 1983.

BLASER, R.E. Symposium on forage utilization. Effects of fertility levels and stage of maturity on forage nutritive value. **Journal Animal Science**, Champaign, v.23, n.1, p.246-253, 1964.

BOLDRINI, I.I. **Campos do Rio Grande do Sul: caracterização fisionômica e problemática ocupacional**. Porto Alegre: Instituto de Biociências da universidade do Rio Grande do Sul, 1997. (Boletim do Instituto de Biociências, 56)

BOLDRINI I.I. **Dinâmica de Vegetação de uma Pastagem Natural sob Diferentes Níveis de Oferta de Forragem e Tipos de Solos, Depressão Central, Rio Grande do Sul**. 1993. 262 f. Tese (Doutorado) – Cursos de Pós-Graduação em Zootecnia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1993.

BURSON, B. L. Apomixes and sexuality in some *Paspalum* species. **Crop Science**, Madison, v.37, p.1347-135, 1997.

BOGGIANO, P.R.O. et al. Effect of herbage allowance and nitrogen fertilization on tiller density and weight of *Paspalum notatum* Flüggé in a natural pasture in Rio Grande do Sul. In: SIMPÓSIO INTERNATIONAL GRASSLAND ECOPHYSIOLOGY AND GRAZING ECOLOGY, 1999, Curitiba. **Anais do...** Curitiba: UFPAR, 1999. p. 391-394

BROUGHAN, R.W. Effects of intensity of defoliation on regrowth of pasture. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v.7, p.377-387, 1956.

BURSON, B. L. Apomixis and sexuality in some *Paspalum* species. **Crop Science**, Madison, v.37, p.1347-1351, 1997.

BUXTON, D.R.; FALES, S.L. Plant environment and quality. In: FAHEY JR., G.C. et al. (Ed.). **Forage quality, evaluation, and utilization**. Madison, WI: ASA, CSSA, and SSSA, 1994. p.155-199.

CABRERA, A. L.; WILLINK, A. Biogeografia da America Latina. 2 ed. OEA, Washington, 1980 117 p.

CARAMBULA, M. **Producción y manejo de pasturas sembradas**. Montevideo: Editorial Hemisfério Sur. 1977 464p.

CARVALHO, P.C.F. et al. Produção Animal no Bioma Campos Sulinos. **Brazilian Journal of Animal Science**, João Pessoa, v. 35, p. 156-202, 2006.

CARVALHO, P.C.F. Access to land, livestock production and ecosystem conservation in the Brazilian Campos biome: the natural grasslands dilemma.

In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON AGRARIAN REFORM AND RURAL DEVELOPMENT, 2006. **Proceedings...** Rome: FAO, 2006.

COSTA, J.J.A. et al. Eficiência do uso da radiação e ajuste de um modelo de produção potencial para biótipos de *Paspalum notatum* Flüggé var. *notatum*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10, 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, SP: SBA. 1997a. p. 155-157.

COSTA, J.J.A. et al. Parâmetros básicos para o ajuste de modelos de previsão da produtividade potencial de *Paspalum notatum* Flüggé var. *notatum*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10., 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, SP: SBA. 1997b. p. 158-160.

COSTA J. A. A. **Caracterização ecológica de ecótipos de *Paspalum notatum* Flüggé var. *notatum* naturais do Rio Grande do Sul e ajuste de um modelo de estimacão do rendimento potencial**. Dissertacão (Mestrado) – Curso de Pós-Graduacão em Zootecnia, Programa de Pós-Graduacão em Agronomia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997. 98f.

CORSI, M. 1986. Pastagem de Alta Produtividade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PASTAGENS E SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 1986, Piracicaba. **Anais....** Piracicaba: FEALQ, 1986. P. 499-512.

COSTA, J. A. A. et al. Parâmetros básicos para o ajuste de modelos de previsão da produtividade potencial de *Paspalum notatum* Flüggé var. *notatum*. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 10. **Anais...** Piracicaba, SP: SBA. 1997b. p. 158-160.]

COSTA, J. A. A. Caracterizacão ecológica de ecótipos de *Paspalum notatum* Flüggé var. *notatum* naturais do Rio Grande do Sul e ajuste de um modelo de estimacão do rendimento potencial. Dissertacão de Mestrado, PPG-Fitotecnia/UFRGS. Porto Alegre, 1997. 98f

CRUZ, P.; BOVAL, M. Effect of Nitrogen on Some Morphogenetic Traits of Temperate and Tropical Perennial Forage Grasses. In: LEMAIRE, G et al. (Ed.) **Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology**. Wallingford: CAB International Publishing. 2000. p. 151-168.

DEREGIBUS, V.A.; SANCHEZ, R.A.; CASAL, J.J. Effects of light quality on tiller production in *Lolium* spp. **Plant Physiology**, Minneapolis, v.72, p.900-902, 1983.

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

ESCOSTEGUY, C.M.D. Avaliacão agronômica de uma pastagem natural sob níveis depressão de pastejo. 1990. 231p. Dissertacão (Mestrado em Fitotecnia)

– Programa de Pós-graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1990.

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

GATES, R.N.; QUARIN, C.L.; PEDREIRA, C.G.S. Bahiagrass. In.: WARM-SEASON (C4) Grasses. Madison: ASA, CSSA, SSSA, 2004. P. 477-502 (Agronomy Monograph n° 45)

GIRARDI-DEIRO, A. M.; GONÇALVES, J. O. N. Estrutura da vegetação de um campo natural submetido a três cargas animais na Região Sudeste do Rio Grande do Sul. In: EMBRAPA/CNPO. **Coletânea das Pesquisas: forrageiras**. Bagé, 1987. V.1 p. 33-62.

GOMES, K.E.; MARASCHIN, G.E.; PILLAR, V.P. Efeito da adubação sobre o comportamento das espécies de um campo natural do Rio Grande do Sul. In: REUNIÓN DEL GRUPO TÉCNICO EN FORRAJERAS DEL CONO SUR, ZONA CAMPOS, 19, 2002, Mercedes, Argentina. **Memorias....** Mercedes (Arg.): INTA E.E. A Mercedes, 2002. p. 238-239.

GOMES, L.H. **Produtividade de um campo nativo melhorado, submetido à adubação nitrogenada**. 2000. 93 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

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

HADDAD, C. M. et al. Características de produção e valor nutritivo do capim Pensacola (*Paspalum notatum* Flüggé var. *saurae* Parodi) em função da idade de corte. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n.3, p. 753-761, 1999.

HIRATA, M. Effects of nitrogen fertilizer rate and cutting height on leaf appearance and extension in bahiagrass (*Paspalum notatum*) swards. **Tropical Grasslands**, Brisbane, v.34, p.7-13, 2000.

HIRATA, M.; SUGIMOTO, Y.; BUENO, M. Distributions of dung pats and ungrazed areas in Bahiagrass (*Paspalum notatum* Flüggé) pasture. **Journal of Japanese Society of Grassland Science**, Tochigi, v.33, n.2, p.128-139, 1987.

KAMINSKI, R. A.; GOOD, R. H. Assessing early literacy skills in a problem solving model: dynamic indicators of basic early literacy skills. In: M. R. SHINN (ED.) **Advanced applications of Curriculum-Based Measurement**. New York: Guilford, 1998. p. 113-142

KAMINSKI, J. et al. Resposta de biótipos da grama forquilha à calagem e à frequência de corte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 28, p. 581-586, 1998

- KLEPPER, B.; RICKMAN, R.W.; PETERSON, C.M. Quantitative characterization of vegetative development IN small cereal grains. **Agronomy Journal**, Madison, v.74, p.798-792, 1982.
- LAZENBY, A. Nitrogen relationships in grassland ecosystems. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 14., 1981, Lexington. **Proceedings ...** Bouldre: Westview Press, 1981. p.56-63.
- LEMAIRE, G.; CHAPMAN, D. TISSUE flows in grazed plant communities. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. (Eds.). **The ecology and management of grazing systems**. Wellingford; Cab International, 1996. p. 3-36
- LINDMAN, C.A.M.; FERRI, M.G. **A vegetação no Rio Grande do Sul**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1974. 378 p.
- LOISEAU, P.; MARTIN-ROSSET, W. Evolution a long terme d'une lande de montagne pâturée par des bovins ou des chevaux. II. Production fourragère. **Agronomie**, Paris, v.9, p.161-169.
- LONG-WAGNER, M.H. Gramineae, Tribo Poeae. **Flora Ilustrada do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: UFRGS, 1987. (Boletim do Instituto de Biociências)
- OLIVEIRA, R.C; VALLS, J. F. M. Novos sinônimos e ocorrências em *Paspalum* L. (Poaceae). **Hoehnea**, São Paulo, v.35, n.2, p.289-295, 2008.
- MACHADO, J. M. et al. Morphogenesis of native grasses of Pampa Biome under nitrogen fertilization. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.42, p.22-29, 2013.
- MARASCHIN, G. E. A planta forrageira no sistema de produção: gramas batatais, forquilha e bahiagrass. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 18., 2001, Piracicaba. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 2001.
- MAGURRAN, A.E. **Ecological diversity and its measurement**. Princeton, N.J.: Princeton Univ. Press, 1988.
- MARASCHIN, G.E. Production potential of South América grasslands. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 29., São Pedro, SP, Brazil, 2001. **Proceedings...** Piracicaba: FEALQ. 2001. p.5-15.
- MARASCHIN, G.E. et al. Native pasture, forage on offer and animal response. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 18., Saskatoon, Canadá, 1997. **Proceedings...** Saskatoon: IGA. Paper 288. v. II. 1997.
- MARCHIORI, J.N.C. **Fitogeografia do Rio Grande do Sul: campos sulinos**. Porto Alegre: Edições EST. 2004. 110p.
- MARASCHIN, G. E. Grama Batatais, forquilha e bahiagrass. In: Simpósio sobre manejo de pastagens, 17., 2000. Piracicaba. **Anais...**Piracicaba:FEALQ, 2000. p. 217-264.

- NABINGER, C. Princípios de manejo e produtividade de pastagens. In: CICLO DE PALESTRAS EM PRODUÇÃO E MANEJO DE BOVINOS DE CORTE, 3., 1998. Canoas. **Anais do...** Canoas: Ed. ULBRA. 1998. p.54-107.
- NABINGER, C. Eficiência do uso de pastagens; disponibilidade e perda de forragem. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 14., 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1997. p.213-251.
- NABINGER, C. Princípios da exploração intensiva de pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 13. Piracicaba, 1996. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1997. p 15-96.
- NABINGER, C. Manejo do campo nativo na região Sul do Brasil e viabilidade do uso de modelos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM PRODUÇÃO ANIMAL, 2., 2006, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2006. p. 1-44.
- NEWMAN, I.C. et al. **Bahiagrass (Paspalum notatum):** overview an management. Gainesville, FL: University of Florida Electronic data Information Sopurce (EDIT), 2010.
- OVERBECK, G. E. et al. Brazil's neglected biome: The South Brazilian Campos. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, Jena, v. 9, p. 101–116, 2007.
- PAKIDING, W.; HIRATA, M. TILLERING in a bahiagrass (*Paspalum notatum*) pasture under cattle grazing: results from the first two years. **Tropical Grasslands**, Brisbane, v. 33, p. 170–176, 1999.
- PAKIDING, W.; HIRATA, M. Tiller dynamics in a bahiagrass (*Paspalum notatum*) pasture under cattle grazing. **Tropical Grasslands**, Brisbane v. 35, p. 151–160, 2001.
- PAKIDING, W.; HIRATA, M. Dynamics in tiller weight and its association with herbage mass and tiller density in a bahiagrass (*Paspalum notatum*) pasture under cattle grazing. **Tropical Grasslands**, Brisbane, v. 36, p. 24–32, 2002.
- PAKIDING, W.; HIRATA, M. Canopy dynamics in a Bahiagrass (*Paspalum notatum* Flügge) pasture under cattle grazing: structural components responsible for variations in herbage mass. **Grassland Science**, Nasushiobara, v. 48, p. 311–316, 2002a.
- PAKIDING, W.; HIRATA, M. Effects of nitrogen fertilizer rate and cutting height on tiller and leaf dynamics in bahiagrass (*Paspalum notatum* Flügge) swards: tiller appearance and death. **Grassland Science**, Nasushiobara. v. 49, p. 193–202, 2003.
- PILLAR, V. P.; VÉLEZ, E. Extinção dos Campos Sulinos em Unidades de Conservação: um Fenômeno Natural ou um Problema Ético? **Natureza & Conservação = Brazilian Journal of Nature Conservation**, [Curitiba], v. 8, p. 84-86, 2010.

PITMAN, W. D. Bahiagrass (*Paspalum notatum* Flugge) Management Combining Nitrogen Fertilizer rate and Defoliation frequency to Enhance Forage Production Efficiency. **Grass and Forage Science**, Oxford, v.68, n.3, p 479-484, 2012.

PRATES, E. R. Efeito do nitrogênio e de intervalos entre cortes sobre a produção e composição de dois ecótipos de *Paspalum notatum* Flügg e da cultivar Pensacola *Paspalum notatum* Flügg var. *saurae* Parodi.

**Anuário Técnico do Instituto de Pesquisas Zootécnicas “Francisco Osório”**, Porto Alegre, v.4, p. 267-307, 1977.

SAS INSTITUTE. **SAS User guide**: statistics. Cary, 1990. 956 p.

SANTOS, P.M. et al. Efeito da frequência de pastejo e da época do ano sobre a produção e a qualidade em *Panicum maximum* cvs. Tanzânia e Mombaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 28, p. 244-249, 1999.

SAINT HILAIRE, A. **Viagem ao Rio Grande do Sul**. Brasília: Senado Federal, Conselho Editorial, 2002. 578 p

SANDERSON, M.A. et al. Plant species diversity and management of temperate forage and grazing land ecosystems. **Crop Science**, Madison, v.44, p.1132-1144, 2004.

SCHOLL, J.H.; LOBATO, J.F.P.; BARRETO, I.L. Improvement of pasture by direct seeding into native grass in Southern Brazil with oats, and with nitrogen supplied by fertilizer or arrowleaf clover. Turrialba, San Jose, v.26, n.2, p.144-149, 1976.

SEBRAE/FARSUL/SENAR. **Diagnóstico de sistemas de produção de bovinocultura de corte no estado do Rio Grande do Sul**. Relatório. Porto Alegre: SENAR, 2005. 265 p.

SINCLAIR, T.R.; MISLEVY, P.; RAY, J.D. Short photoperiod inhibits winter growth of subtropical grasses. **Planta**, Heidelberg, v.213, n.3, p.488-491, 2001.

SKINNER, R.H.; NELSON, C.H. Epidermal cell division and the coordination of leaf and tiller development. **Annals of Botany**, London, v.74, n.1, p.9-15, 1994.

SKINNER, R.H.; NELSON, C.J. Elongation of the grass leaf and its relationship to the phyllochron. **Crop Science**, Madison, v.35, n.1, p.4-10, 1995.

STEINER, M. G. **Caracterização agrônômica, molecular e morfológica de acessos de *Paspalum notatum* Flügg e *Paspalum guenoarum* Arech.** 2005. 138 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

STRAPASSON, E. et al. Seleção de descritores na caracterização de germoplasma de *Paspalum* sp. por meio de componentes principais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, p. 373-381, 2000

SKINNER, R.H.; NELSON, C.H. Epidermal cell division and the coordination of leaf and tiller development. **Annals of Botany**, London, v.74, n.1, p.9-15, 1994.

SKINNER, R.H.; NELSON, C.J. Elongation of the grass leaf and its relationship to the phyllochron. **Crop Science**, Madison, v.35, n.1, p.4-10, 1995.

SOARES, H.H.P.R.F. Efeitos de doses de nitrogênio e intervalos entre cortes sobre a produção de matéria seca e proteína bruta de dois biótipos de *Paspalum dilatatum* Poir., um biótipo de *Paspalum notatum* Fluegge e a cultivar Pensacola (P. notatum Fluegge e a cultivar Pensacola. **Anuário Técnico do Instituto de Pesquisas Zootécnicas “Francisco Osório”**, Porto Alegre, v.4, p.201-232, 1977.

SOARES, A.B. et al. Produção animal e de forragem em pastagem nativa submetida a distintas ofertas de forragem. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.5, p.1148-1154. 2005.

SOZINSKI Jr., E.E.; PILLAR, V.P. Respostas de tipos funcionais de plantas à intensidade de pastejo em vegetação campestre. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, p.1-9, 2004.

TAIZ, L.; ZEIGER E. **Plant physiology**. 2. ed. Sunderland: Sinauer Associates, 1998. 792p

TOWNSEND, C. **Características produtivas de gramíneas nativas do gênero Paspalum, em resposta a disponibilidade de nitrogênio**. 2008. 255 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Porto Alegre, 2008.

VALLS J.F.M.; POZZOBON M.T. Variação apresentada pelos principais grupos taxonômicos de *Paspalum* com interesse forrageiro no Brasil. In: ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE MELHORAMENTO GENÉTICO DE PASPALUM, Nova Odessa. **Anais do ...** Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1987. p. 15-21

VALLS, J.F.M. Recursos genéticos de espécies de *Paspalum* no Brasil. In: ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE MELHORAMENTO GENÉTICO DE PASPALUM. Nova Odessa, SP. **Anais...** Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1987. p. 03-13.

WATSON, L.; DALLWITZ, M. J. **The grass genera of the world**. Wallingford: C.A.B. International, 1992. 1081 p.

WHITEHEAD. Tackling inequalities: A review of policy initiatives. In: TACKLING inequalities in health: an agenda for action. London: King's Fund., 1995.p. 22–52

## **APÊNDICES**

## Apêndice 1. Solução nutritiva de Norris

Ingrediente	Sol. Estoque/L	Quant./L 01
01- KCl	29,8 g	2,5 mL
02- K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	69,6 g	2,5 mL
03- MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	98,6 g	2,5 mL
04- CaSO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	-	0,344 g - *
05- Solução Estoque nº 1		0,5 mL
06- Solução Estoque nº 2		1,0 mL
07- Água destilada	p / 1.000 mL	p/ 1.000 mL

\*preparar em cadinho com água destilada suficiente para formar uma pasta e moer muito bem.

Solução Estoque nº 1	Quant./L
01- CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	0,078 g
02- ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	0,22 g
03- MnSO <sub>4</sub> .4H <sub>2</sub> O	2,03 g
04- (NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> Mo <sub>7</sub> O <sub>24</sub> .4H <sub>2</sub> O	0,01 g
05- H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	1,43 g
06- Água destilada	p/ 1.000 mL

Solução Estoque nº 2	Quant./L
01 Citrato de Fe (C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> O <sub>7</sub> .Fe.5H <sub>2</sub> O)	1,795 g
02- Água destilada	p/ 1.000 mL

NORRIS, D.O., DATE, R.A. 1976. Legume bacteriology. In: SHAW, N.H., BRYAN, W.W. (Eds.) Tropical pasture research - principles and methods. Brisbane: CAB. p.134-173

## Apêndice 2. Dados originais do peso específico e da área foliar

Dose de Nitrogênio	Peso específico da folha	Área folhas verdes
37,5	4,35	2,16
37,5	5,09	2,75
37,5	4,57	2,58
37,5	4,28	1,82
75	4,10	2,26
75	4,25	3,15
75	4,23	2,84
75	4,36	2,61
150	4,06	2,90
150	3,99	3,41
150	3,50	3,26
150	3,84	3,49
300	3,14	5,04
300	2,67	5,99
300	3,61	6,43
300	3,57	5,74

## Apêndice 3. Peso dos propágulos utilizados em cada tratamento e repetição

tratam	Blocos										média
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
N1	4,30	3,20	2,60	2,60	2,50	1,80	2,10	1,80	1,30	2,30	2,45
N2	4,00	2,70	2,60	2,60	2,50	1,80	2,30	1,80	1,20	2,40	2,39
N3	3,60	2,70	2,60	2,60	2,50	1,70	2,30	1,80	1,20	2,40	2,34
N4	3,50	2,70	2,60	2,60	2,50	1,70	2,20	1,80	1,20	2,30	2,31
média	3,85	2,83	2,60	2,60	2,50	1,75	2,30	1,80	1,23	2,35	2,38
desvio	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,10	0,00	0,05	0,06	

Apêndice 4. Vista geral do experimento.

