RENDIMENTO E DIAGNOSE FOLIAR DOS CAPINS ARUANA E MOMBAÇA CULTIVADOS EM LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO ADUBADO COM DOSES DE NITROGÊNIO

MARIA TEREZA COLOZZA

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. **JORGE DE CASTRO KIEHL**

Tese apresentada à Escola Superior de
Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de
São Paulo, para obtenção do título de Doutor em
Agronomia, Área de Concentração: Solos e
Nutrição de Plantas.

PIRACICABÁ

Estado de São Paulo - Brasil

Janeiro - 1998

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - Campus "Luiz de Queiroz"/USP

Colozza, Maria Tereza

Rendimento e diagnose foliar dos capins Aruana e Mombaça cultivados em latossolo vermelho-amarelo adubado com doses de nitrogênio / Maria Tereza Colozza. - Piracicaba, 1998.

127 p.

Tese (doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1998.
Bibliografia.

1. Adubação nitrogenada 2. Diagnose foliar 3. Gramínea forrageira 4. Nitrogênio 5. Nutrição vegetal 6. Variedade 1. Título

CDD 633.2

RENDIMENTO E DIAGNOSE FOLIAR DOS CAPINS ARUANA E MOMBAÇA CULTIVADOS EM LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO ADUBADO COM DOSES DE NITROGÊNIO

MARIA TEREZA COLOZZA

Aprovada em: 26 - 02 - 98

Comissão julgadora:

Prof. Dr. Jorge de Castro Kiehl

ESALQ/USP

Prof. Dr. Francisco Antônio Monteiro

ESALQ/USP

Prof. Dr. Sila Carneiro da Silva

ESALQ/USP

Prof. Dr. Joaquim Carlos Werner

IZ/SAA

Prof. Dr. Ricardo Andrade Reis

UNESP/Jaboticabal

Prof. Dr. JORGE DE CASTRO KIEHL
Orientador

À minha mãe,

Ao meu pai "in memoriam" e

Aos meus irmãos

OFEREÇO

Aos meus amigos especiais

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Jorge de Castro Kiehl pela orientação, apoio e amizade;

Ao Pesq. Cient. PhD Joaquim Carlos Werner, pela fraternidade expressada e pelo incentivo, ajuda e sugestões;

À Pesq. Cient. Eliana Aparecida Schammass, pelo apoio nas análises estatísticas;

Aos Pesq. Cient. Darcy Antônio Beisman e Dora Duarte de Carvalho, pela amizade e colaboração.

Aos Srs. Flávio Rubens de Jesus e Antonio Marco Pigato e às Sras. Maria Aparecida Menale e Vera Lúcia P. S. Padella, pela colaboração durante a fase experimental;

À Srta. Maria Cristina Maceira Puente, pela digitação deste trabalho;

Às Bibliotecárias Eliana M. Garcia Sabino e Kátia M. Andrade Ferraz, pela ajuda na elaboração das referências bibliográficas;

Ao Instituto de Zootecnia, pelo uso da infraestrutura e pela oportunidade concedida para a realização deste Curso;

À CAPES, pela concessão de bolsa de estudo;

A todos que, de alguma forma, colaboraram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	xiv
RESUMO	xxi
SUMMARY	xxiii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Origem e características dos capins aruana e mombaça	3
2.2 Nitrogênio na planta	4
2.3 Respostas de <i>Panicum maximum</i> à adubação com nitrogênio	6
2.4 Amostragem de gramíneas forrageiras para diagnose foliar	11
2.5 Níveis críticos de nitrogênio em gramíneas forrageiras	15
3 MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1 Local, forrageiras, solo e vasos	21
3.2 Calagem e incubação da terra	22
3.3 Delineamento experimental	22
3.4 Aplicação do nitrogênio ao solo	23
3.5 Instalação e condução dos experimentos	23
3.6 Determinação do número de perfilhos e cortes das plantas	24
3.7 Determinação do teor de clorofila	25
3.8 Amostragens de terra	26
3.9 Análises químicas	26
3.9.1 Material vegetal	26
3.9.2 Terra	27
3.10 Análises estatísticas	27

	Página
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4.1 Experimento com <i>Panicum maximum</i> Jacq. cv. Aruana	28
4.1.1 Propriedades químicas da terra	28
4.1.2 Produção de matéria seca e número de perfilhos	30
4.1.3 Concentração de nitrogênio total, nitrato e clorofila na planta.....	35
4.1.3.1 Concentração de nitrogênio total	35
4.1.3.2 Concentração de nitrato	38
4.1.3.3 Estimativa do teor de clorofila	41
4.1.4 Níveis críticos de nitrogênio total e nítrico e estimativa do teor de clorofila	45
4.1.5 Concentrações de fósforo, cálcio, magnésio, potássio e enxofre nas partes amostradas	60
4.2 Experimento com <i>Panicum maximum</i> Jacq. cv. Mombaça	71
4.2.1 Propriedades químicas da terra	71
4.2.2 Produção de matéria seca e número de perfilhos	73
4.2.3 Concentração de nitrogênio total, nitrato e clorofila na planta	78
4.2.3.1 Concentração de nitrogênio total	78
4.2.3.2 Concentração de nitrato	81
4.2.3.3 Estimativa do teor de clorofila	84
4.2.4 Níveis críticos de nitrogênio total e nítrico e estimativa do teor de clorofila	87
4.2.5 Concentrações de fósforo, cálcio, magnésio, potássio e enxofre nas partes amostradas	102
5 CONCLUSÕES	114
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	115

LISTA DE FIGURAS

	Página
1 Produção de matéria seca no primeiro corte (34 dias após a semeadura) da parte aérea de <i>Panicum maximum</i> cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função de doses de nitrogênio.	30
2 Produção de matéria seca no segundo corte (34 dias após a semeadura) da parte aérea de <i>Panicum maximum</i> cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função de doses de nitrogênio.	31
3 Relação entre a concentração de nitrogênio total (g kg^{-1}) nas lâminas de folhas não expandidas e a produção de matéria seca da parte aérea, no primeiro corte, de <i>Panicum maximum</i> cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.	47
4 Relação entre a concentração de nitrogênio total (g kg^{-1}) nas lâminas de folhas não expandidas e a produção de matéria seca da parte aérea, no segundo corte, de <i>Panicum maximum</i> cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.	47
5 Relação entre a concentração de nitrogênio total (g kg^{-1}) nas lâminas de folhas novas e a produção de matéria seca da parte aérea, no primeiro corte, de <i>Panicum maximum</i> cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.	48
6 Relação entre a concentração de nitrogênio total (g kg^{-1}) nas lâminas de folhas novas e a produção de matéria seca da parte aérea, no segundo corte, de <i>Panicum maximum</i> cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.	48
7 Relação entre a concentração de nitrogênio total (g kg^{-1}) nas lâminas de folhas velhas e a produção de matéria seca da parte aérea, no primeiro corte, de <i>Panicum maximum</i> cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.	49
8 Relação entre a concentração de nitrogênio total (g kg^{-1}) nas lâminas de folhas velhas e a produção de matéria seca da parte aérea, no segundo corte, de <i>Panicum maximum</i> cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.	49

9	Relação entre a concentração de nitrogênio total (g kg^{-1}) nos colmos + bainhas e a produção de matéria seca da parte aérea, no primeiro corte, de <i>Panicum maximum</i> cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.	50
10	Relação entre a concentração de nitrogênio total (g kg^{-1}) nos colmos + bainhas e a produção de matéria seca da parte aérea, no segundo corte, de <i>Panicum maximum</i> cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.	50
11	Relação entre a concentração de nitrato (g kg^{-1}) nas lâminas de folhas não expandidas e a produção de matéria seca da parte aérea, no primeiro corte, de <i>Panicum maximum</i> cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.	51
12	Relação entre a concentração de nitrato (g kg^{-1}) nas lâminas de folhas não expandidas e a produção de matéria seca da parte aérea, no segundo corte, de <i>Panicum maximum</i> cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.	52
13	Relação entre a concentração de nitrato (g kg^{-1}) nas lâminas de folhas novas e a produção de matéria seca da parte aérea, no primeiro corte, de <i>Panicum maximum</i> cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.	53
14	Relação entre a concentração de nitrato (g kg^{-1}) nas lâminas de folhas novas e a produção de matéria seca da parte aérea, no segundo corte, de <i>Panicum maximum</i> cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.	53
15	Relação entre a concentração de nitrato (g kg^{-1}) nas lâminas de folhas velhas e a produção de matéria seca da parte aérea, no primeiro corte, de <i>Panicum maximum</i> cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.	54
16	Relação entre a concentração de nitrato (g kg^{-1}) nas lâminas de folhas velhas e a produção de matéria seca da parte aérea, no segundo corte, de <i>Panicum maximum</i> cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.	54

17	Relação entre a concentração de nitrato (g kg^{-1}) nos colmos + bainhas e a produção de matéria seca da parte aérea, no primeiro corte, de <i>Panicum maximum</i> cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.	55
18	Relação entre a concentração de nitrato (g kg^{-1}) nos colmos + bainhas e a produção de matéria seca da parte aérea, no segundo corte, de <i>Panicum maximum</i> cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.	55
19	Relação entre a leitura SPAD nas lâminas de folhas não expandidas e a produção de matéria seca da parte aérea, no primeiro corte, de <i>Panicum maximum</i> cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.	57
20	Relação entre a leitura SPAD nas lâminas de folhas não expandidas e a produção de matéria seca da parte aérea, no primeiro corte, de <i>Panicum maximum</i> cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.	57
21	Relação entre a leitura SPAD nas lâminas de folhas novas e a produção de matéria seca da parte aérea, no primeiro corte, de <i>Panicum maximum</i> cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.	58
22	Relação entre a leitura SPAD nas lâminas de folhas novas e a produção de matéria seca da parte aérea, no segundo corte, de <i>Panicum maximum</i> cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.	58
23	Relação entre a leitura SPAD nas lâminas de folhas velhas e a produção de matéria seca da parte aérea, no primeiro corte, de <i>Panicum maximum</i> cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.	59
24	Relação entre a leitura SPAD nas lâminas de folhas velhas e a produção de matéria seca da parte aérea, no segundo corte, de <i>Panicum maximum</i> cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.	59

25	Produção de matéria seca no primeiro corte (28 dias após a semeadura) da parte aérea de <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função das doses de nitrogênio.	74
26	Produção de matéria seca no segundo corte (35 dias após a semeadura) da parte aérea de <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função das doses de nitrogênio.	74
27	Relação entre a concentração de nitrogênio total (g kg^{-1}) nas lâminas de folhas não expandidas e a produção de matéria seca da parte aérea, no primeiro corte, de <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.	89
28	Relação entre a concentração de nitrogênio total (g kg^{-1}) nas lâminas de folhas não expandidas e a produção de matéria seca da parte aérea, no segundo corte, de <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.	89
29	Relação entre a concentração de nitrogênio total (g kg^{-1}) nas lâminas de folhas novas e a produção de matéria seca da parte aérea, no primeiro corte, de <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.	90
30	Relação entre a concentração de nitrogênio total (g kg^{-1}) nas lâminas de folhas novas e a produção de matéria seca da parte aérea, no segundo corte, de <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.	90
31	Relação entre a concentração de nitrogênio total (g kg^{-1}) nas lâminas de folhas velhas e a produção de matéria seca da parte aérea, no primeiro corte, de <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.	91
32	Relação entre a concentração de nitrogênio total (g kg^{-1}) nas lâminas de folhas velhas e a produção de matéria seca da parte aérea, no segundo corte, de <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.	91

33	Relação entre a concentração de nitrogênio total (g kg^{-1}) nos colmos + bainhas e a produção de matéria seca da parte aérea, no primeiro corte, de <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.	92
34	Relação entre a concentração de nitrogênio total (g kg^{-1}) nos colmos + bainhas e a produção de matéria seca da parte aérea, no segundo corte, de <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.	92
35	Relação entre a concentração de nitrato (g kg^{-1}) nas lâminas de folhas não expandidas e a produção de matéria seca da parte aérea, no primeiro corte, de <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.	94
36	Relação entre a concentração de nitrato (g kg^{-1}) nas lâminas de folhas não expandidas e a produção de matéria seca da parte aérea, no segundo corte, de <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.	94
37	Relação entre a concentração de nitrato (g kg^{-1}) nas lâminas de folhas novas e a produção de matéria seca da parte aérea, no primeiro corte, de <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.	95
38	Relação entre a concentração de nitrato (g kg^{-1}) nas lâminas de folhas novas e a produção de matéria seca da parte aérea, no segundo corte, de <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.	95
39	Relação entre a concentração de nitrato (g kg^{-1}) nas lâminas de folhas velhas e a produção de matéria seca da parte aérea, no primeiro corte, de <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.	96
40	Relação entre a concentração de nitrato (g kg^{-1}) nas lâminas de folhas velhas e a produção de matéria seca da parte aérea, no segundo corte, de <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.	96

41	Relação entre a concentração de nitrato (g kg^{-1}) nos colmos + bainhas e a produção de matéria seca da parte aérea, no primeiro corte, de <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.	97
42	Relação entre a concentração de nitrato (g kg^{-1}) nos colmos + bainhas e a produção de matéria seca da parte aérea, no segundo corte, de <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.	97
43	Relação entre a leitura SPAD nas lâminas de folhas não expandidas e a produção de matéria seca da parte aérea, no primeiro corte, de <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.	99
44	Relação entre a leitura SPAD nas lâminas de folhas não expandidas e a produção de matéria seca da parte aérea, no segundo corte, de <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.	99
45	Relação entre a leitura SPAD nas lâminas de folhas novas e a produção de matéria seca da parte aérea, no primeiro corte, de <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.	100
46	Relação entre a leitura SPAD nas lâminas de folhas novas e a produção de matéria seca da parte aérea, no segundo corte, de <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.	100
47	Relação entre a leitura SPAD nas lâminas de folhas velhas e a produção de matéria seca da parte aérea, no primeiro corte, de <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.	101
48	Relação entre a leitura SPAD nas lâminas de folhas velhas e a produção de matéria seca da parte aérea, no segundo corte, de <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.	101

LISTA DE TABELAS

	Página
1 Alterações nas propriedades químicas de amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, tratadas com doses de nitrogênio e cultivadas com <i>Panicum maximum</i> cv. Aruana por 68 dias.	29
2 Equações de regressão relacionando doses de nitrogênio aplicadas, em mg kg^{-1} de N (X) e propriedades químicas de amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, tratadas com doses de nitrogênio e cultivadas com <i>Panicum maximum</i> cv. Aruana por 68 dias.	29
3 Produção de matéria seca no primeiro corte (34 dias) de diferentes componentes da parte aérea e número de perfilhos de <i>Panicum maximum</i> cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função de doses de nitrogênio. Médias de 8 repetições.	32
4 Produção de matéria seca no segundo corte (34 dias) de diferentes componentes da parte aérea, raízes e número de perfilhos de <i>Panicum maximum</i> cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função de doses de nitrogênio. Médias de 8 repetições.	33
5 Equações de regressão relacionando doses de nitrogênio em mg kg^{-1} (X) e produção de matéria seca em gramas por vaso dos componentes da parte aérea e número de perfilhos por vaso (Y) de <i>Panicum maximum</i> cv. Aruana, quando cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.	34
6 Concentração de nitrogênio total na parte aérea proveniente do primeiro corte de <i>Panicum maximum</i> cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função de doses de nitrogênio. Médias de 4 repetições para lâminas de folhas não expandidas e 8 para as demais partes.	36
7 Concentração de nitrogênio total na parte aérea e raízes proveniente do segundo corte de <i>Panicum maximum</i> cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função de doses de nitrogênio. Médias de 4 repetições para lâminas de folhas não expandidas e 8 para as demais partes.	36

8	Equações de regressão relacionando doses de nitrogênio em mg kg^{-1} (X) e concentração de nitrogênio total em g kg^{-1} nos componentes da parte aérea (Y) de <i>Panicum maximum</i> cv. Aruana, quando cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.	37
9	Concentração de nitrato na parte aérea proveniente do primeiro corte de <i>Panicum maximum</i> cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função de doses de nitrogênio. Médias de 4 repetições para lâminas de folhas não expandidas e 8 para das demais partes.	38
10	Concentração de nitrato na parte aérea e raízes proveniente do segundo corte de <i>Panicum maximum</i> cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função de doses de nitrogênio. Médias de 4 repetições para lâminas de folhas não expandidas e 8 para das demais partes.	39
11	Equações de regressão relacionando doses de nitrogênio em mg kg^{-1} (X) e concentração de nitrato em g kg^{-1} nos componentes da parte aérea (Y) de <i>Panicum maximum</i> cv. Aruana, quando cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.	40
12	Valores SPAD na parte aérea proveniente do primeiro corte de <i>Panicum maximum</i> cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função de doses de nitrogênio. Médias de 8 repetições.	42
13	Valores SPAD na parte aérea proveniente do segundo corte de <i>Panicum maximum</i> cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função de doses de nitrogênio. Médias de 8 repetições.	42
14	Equações de regressão relacionando doses de nitrogênio em mg kg^{-1} (X) e valores SPAD nos componentes da parte aérea (Y) de <i>Panicum maximum</i> cv. Aruana, quando cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.	44

15	Concentrações de fósforo e cálcio na parte aérea proveniente do primeiro corte de <i>Panicum maximum</i> cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função de doses de nitrogênio. Médias de 4 repetições para lâminas de folhas não expandidas e 8 para as demais partes.	61
16	Concentrações de fósforo e cálcio na parte aérea proveniente do segundo corte de <i>Panicum maximum</i> cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função de doses de nitrogênio. Médias de 4 repetições para lâminas de folhas não expandidas e 8 para as demais partes.	62
17	Concentrações de magnésio e potássio na parte aérea proveniente do primeiro corte de <i>Panicum maximum</i> cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função de doses de nitrogênio. Médias de 4 repetições para lâminas de folhas não expandidas e 8 para as demais partes.	64
18	Concentrações de magnésio e potássio na parte aérea proveniente do segundo corte de <i>Panicum maximum</i> cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função de doses de nitrogênio. Médias de 4 repetições para lâminas de folhas não expandidas e 8 para as demais partes.	66
19	Concentrações de enxofre na parte aérea proveniente do primeiro corte de <i>Panicum maximum</i> cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função de doses de nitrogênio. Médias de 4 repetições para lâminas de folhas não expandidas e 8 para as demais partes.	68
20	Concentrações de enxofre na parte aérea proveniente do segundo corte de <i>Panicum maximum</i> cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função de doses de nitrogênio. Médias de 4 repetições para lâminas de folhas não expandidas e 8 para as demais partes.	68
21	Equações de regressão relacionando doses de nitrogênio em mg kg^{-1} (X) e concentrações de nutrientes (g kg^{-1}) (Y) nos componentes da parte aérea de <i>Panicum maximum</i> cv. Aruana, no primeiro corte, quando cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.	69

22	Equações de regressão relacionando doses de nitrogênio em mg kg^{-1} (X) e concentrações de nutrientes (g kg^{-1}) (Y) nos componentes da parte aérea de <i>Panicum maximum</i> cv. Aruana, no segundo corte, quando cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.	70
23	Alterações nas propriedades químicas de amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, tratadas com diferentes doses de nitrogênio e cultivadas com <i>Panicum maximum</i> Jacq. cv. Mombaça por 63 dias.	72
24	Equações de regressão relacionando doses de nitrogênio aplicadas, em mg kg^{-1} de N (X) e propriedades químicas de amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, tratadas com diferentes doses de nitrogênio e cultivadas com <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça por 63 dias.	72
25	Produção de matéria seca no primeiro corte (28 dias após a semeadura) de diferentes componentes da parte aérea e número de perfilhos de <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função das doses de nitrogênio. Médias de 8 repetições.	75
26	Produção de matéria seca no segundo corte (35 dias após o primeiro corte) de diferentes componentes da parte aérea, raízes e número de perfilhos de <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função das doses de nitrogênio. Médias de 8 repetições.	76
27	Equações de regressão relacionando doses de nitrogênio em mg kg^{-1} (X) e produção de matéria seca em gramas por vaso dos componentes da parte aérea, raízes e número de perfilhos por vaso (Y) de <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça, quando cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.	77
28	Concentração de nitrogênio total na parte aérea proveniente do primeiro corte de <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função de doses de nitrogênio. Médias de 4 repetições para lâminas de folhas não expandidas e lâminas de folhas velhas e 8 para das demais partes.	78

29	Concentração de nitrogênio total na parte aérea e raízes proveniente do segundo corte de <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função de doses de nitrogênio. Médias de 4 repetições para lâminas de folhas não expandidas e 8 para das demais partes.	79
30	Equações de regressão relacionando doses de nitrogênio em mg kg^{-1} (X) e concentração de nitrogênio total em g kg^{-1} nos componentes da parte aérea e raízes (Y) de <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça, quando cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.	80
31	Concentração de nitrato na parte aérea proveniente do primeiro corte de <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função de doses de nitrogênio. Médias de 4 repetições para lâminas de folhas não expandidas e lâminas de folhas velhas e 8 para das demais partes.	82
32	Concentração de nitrato na parte aérea e raízes proveniente do segundo corte de <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função de doses de nitrogênio. Médias de 4 repetições para lâminas de folhas não expandidas e 8 para das demais partes.	83
33	Equações de regressão relacionando doses de nitrogênio em mg kg^{-1} (X) e concentração de nitrato em g kg^{-1} nos componentes da parte aérea e raízes (Y) de <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça, quando cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.	84
34	Valores SPAD na parte aérea proveniente do primeiro corte de <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça, cultivada em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função de doses de nitrogênio. Médias de 8 repetições.	85
35	Valores SPAD na parte aérea proveniente do segundo corte de <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça, cultivada em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função de doses de nitrogênio. Médias de 8 repetições.	86

36	Equações de regressão relacionando doses de nitrogênio em mg kg^{-1} (X) e valores SPAD nos componentes da parte aérea (Y) de <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça, quando cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.	87
37	Concentrações de fósforo e cálcio na parte aérea proveniente do primeiro corte de <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função de doses de nitrogênio. Médias de 4 repetições para lâminas de folhas não expandidas e lâminas de folhas velhas e 8 para as demais partes.	103
38	Concentrações de fósforo e cálcio na parte aérea proveniente do segundo corte de <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função de doses de nitrogênio. Médias de 4 repetições para lâminas de folhas não expandidas e 8 para as demais partes.	104
39	Concentrações de magnésio e potássio na parte aérea proveniente do primeiro corte de <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função de doses de nitrogênio. Médias de 4 repetições para lâminas de folhas não expandidas e lâminas de folhas velhas e 8 para as demais partes.	106
40	Concentrações de magnésio e potássio na parte aérea proveniente do segundo corte de <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função de doses de nitrogênio. Médias de 4 repetições para lâminas de folhas não expandidas e 8 para as demais partes.	107
41	Concentrações de enxofre na parte aérea proveniente do primeiro corte de <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função de doses de nitrogênio. Médias de 4 repetições para lâminas de folhas não expandidas e lâminas de folhas velhas e 8 para as demais partes.	110
42	Concentrações de enxofre na parte aérea proveniente do segundo corte de <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função de doses de nitrogênio. Médias de 4 repetições para lâminas de folhas não expandidas e 8 para as demais partes.	111

- 43 Equações de regressão relacionando doses de nitrogênio em mg kg^{-1} (X) e concentrações de nutrientes (g kg^{-1}) (Y) nos componentes da parte aérea de *Panicum maximum* cv. Mombaça, no primeiro corte, quando cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. 112
- 44 Equações de regressão relacionando doses de nitrogênio em mg kg^{-1} (X) e concentrações de nutrientes (g kg^{-1}) (Y) nos componentes da parte aérea de *Panicum maximum* cv. Mombaça, no segundo corte, quando cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. 113

RENDIMENTO E DIAGNOSE FOLIAR DOS CAPINS ARUANA E MOMBAÇA CULTIVADOS EM LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO ADUBADO COM DOSES DE NITROGÊNIO

Autora: MARIA TEREZA COLOZZA

Orientador: Prof. Dr. JORGE DE CASTRO KIEHL

RESUMO

Foram conduzidos no Instituto de Zootecnia em Nova Odessa, SP, de outubro a dezembro de 1996, dois experimentos em casa de vegetação em blocos completos casualizados com oito repetições, com o objetivo de avaliar o efeito da aplicação de nitrogênio na produção de matéria seca e no número de perfilhos de dois cultivares de *Panicum maximum* Jacq., Aruana e Mombaça; os efeitos sobre o teor de nitrogênio (total e nítrico) na parte aérea, bem como sobre o teor de clorofila nas folhas também foram avaliados; finalmente, foram determinados os níveis críticos de nitrogênio na planta e selecionada a parte da planta mais adequada para essa finalidade. As plantas foram cultivadas em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico coletadas à profundidade de 0-20 cm. Em ambos os cultivares o nitrogênio foi aplicado no plantio nas doses 0, 15, 30, 60, 120, 200 e 300 mg kg⁻¹ de N; uma segunda aplicação de N foi realizada após o primeiro corte do capim, nas doses 0, 30, 60, 120, 210, 330 e 450 mg kg⁻¹ de N para o Aruana e 0, 20, 40, 80, 160, 280 e 400 kg⁻¹ de N para o Mombaça. O Aruana foi cultivado durante 34 dias tanto no primeiro quanto no segundo corte, enquanto o Mombaça foi cultivado durante 28 dias no primeiro corte e 35 dias no segundo. A parte aérea das plantas foi separada em (a) *folhas não expandidas*, isto é,

lâminas das folhas superiores não apresentando lígula visível; (b) *lâminas de folhas novas*, compreendendo as duas folhas superiores totalmente expandidas e apresentando lígula visível; (c) *lâminas de folhas velhas*, representadas pelas lâminas das folhas restantes totalmente expandidas e com lígula visível; (d) *colmos + bainhas*, isto é, os próprios colmos das plantas mais as bainhas que permaneceram nos colmos. Foram determinados os teores de N-total e N-nitrato nas diversas partes da planta, assim como o teor de clorofila (em valores SPAD) das folhas por meio de um clorofilômetro portátil. A aplicação de nitrogênio aumentou a produção de matéria seca das raízes e da parte aérea, o número de perfilhos e os teores de N-total, N-nitrato e clorofila nas folhas dos cultivares de *Panicum maximum*. Os teores de N-nitrato foram mais elevados nos colmos + bainhas do que nas demais partes da planta, para ambos os cultivares e cortes. As lâminas das folhas novas foram a parte da planta mais adequada para avaliar o estado nutricional da cultura em relação ao nitrogênio. No Aruana os níveis críticos determinados nas folhas foram 18,8 e 21,6 g kg⁻¹ para o N-total, 0,584 e 0,713 g kg⁻¹ para o N-nitrato e 32,7 e 39,7 para os valores SPAD. No Mombaça os níveis críticos foram 20,8 e 22,9 g kg⁻¹ para o N-total, 0,903 e 0,650 g kg⁻¹ para o N-nitrato e 32,0 e 38,6 para os valores SPAD.

NUTRIENT DIAGNOSIS AND RESPONSES TO NITROGEN FERTILIZATION OF *Panicum maximum* Jacq., cv. ARUANA AND MOMBAÇA, CULTIVATED IN RED-YELLOW LATOSOL

Author: MARIA TEREZA COLOZZA

Adviser: Prof. Dr. JORGE DE CASTRO KIEHL

SUMMARY

Two greenhouse experiments in a randomized complete block design with eight replicates were carried out in the “Instituto de Zootecnia” at Nova Odessa, State of São Paulo, Brazil, from October to December of 1996, with the objective of evaluating the effect of nitrogen application on the yield of dry matter and number of tillers of two cultivars of *Panicum maximum* Jacq, Aruana and Mombaça; the effect on nitrogen concentration (total-N and nitrate-N) in the plant tops, as well as on the amount of chlorophyll in the leaves were also determined; finally, the critical levels of nitrogen in the plant were determined and the plant part most suitable for this purpose was selected. The plants were grown in soil samples collected from the 0-20 cm layer of a dystrophic Red-Yellow Latosol. For both cultivars nitrogen was applied at planting in rates of 0, 15, 30, 60, 120, 200 and 300 mg kg⁻¹ of N; a second addition of N was performed after the first cut of the grass, in rates of 0, 30, 60, 120, 210, 330 and 450 mg kg⁻¹ of N in the Aruana and 0, 20, 40, 80, 160, 280 and 400 kg⁻¹ of N in the Mombaça. Aruana was grown for 34 days before each cut, whereas Mombaça was cultivated for 28 days before the first cut and for 35 days before the second. Plant tops were separated in (a) *non expanded leaves*, i.e., blades of upper leaves without visible ligule; (b) *blades of young leaves*, comprising the two upper leaves that were totally expanded and having visible ligule; (c) *blades of*

old leaves, represented by the blades of the remaining leaves that were totally expanded and having visible ligule; (d) *stems + sheaths*, i.e., the actual plant stems plus the sheaths that remained attached to the stems. Total-N and nitrate-N concentrations in the plant parts were determined, as well as the amount of chlorophyll (SPAD values) in the leaves by means of a portable chlorophyllometer. Nitrogen application increased the yield of dry matter of roots and tops, the number of tillers and the concentration of total-N, nitrate-N and chlorophyll in the leaves of both *Panicum maximum* cultivars. Nitrate concentration was higher in stems + sheaths than in the other plant parts, for both cultivars and cropping periods. The blades of young leaves were the most adequate plant part for evaluating the nitrogen status of Aruana and Mombaça grasses. In Aruana, the critical levels determined in these leaves were, respectively for each cut, 18.8 and 21.6 g kg⁻¹ for total-N, 0.584 and 0.713 g kg⁻¹ for nitrate-N and 32.7 and 39.7 for the SPAD values. In Mombaça, the critical levels were 20.8 and 22.9 g kg⁻¹ for total-N, 0.903 and 0.650 g kg⁻¹ for nitrate-N and 32.0 and 38.6 for the SPAD values.

1 INTRODUÇÃO

O crescimento de plantas forrageiras e a produção animal a pasto têm sido limitados pelo baixo suprimento de nitrogênio do solo. A disponibilidade de nitrogênio em solos de pastagens tropicais é geralmente inadequada para atender as necessidades da produção de matéria seca devido ao alto requerimento de muitas gramíneas forrageiras e ao baixo nível de suprimento deste nutriente através da mineralização da matéria orgânica do solo. Deste modo, a adubação nitrogenada é fundamental para manter a produtividade em bom nível, principalmente em sistemas intensivos, quando são utilizadas espécies com alto potencial de produção de matéria seca e boas características alimentares, como a espécie *Panicum maximum* Jacq.

Um emprego adequado da adubação nitrogenada é imprescindível, principalmente quando são utilizadas altas doses. O aproveitamento do nutriente pelas gramíneas forrageiras tropicais diminui à medida que se aumentam as doses, podendo ocorrer perdas do nitrogênio aplicado em condições específicas de solo e clima tornando, em alguns casos, não econômico o uso dessa prática.

Vale ressaltar, porém, que, para a obtenção de máxima eficiência técnica e econômica dos fertilizantes nitrogenados aplicados, torna-se necessário a utilização de critérios que considerem a fertilidade do solo e a necessidade nutricional das forrageiras, uma vez que se trata de insumos de alto valor e com grande participação nos custos de produção. Neste contexto, a determinação do nível crítico de nitrogênio, através da análise foliar das forrageiras, contribuiria sobremaneira para o uso racional e eficiente dos fertilizantes nitrogenados.

Há muitos anos vem-se tentando encontrar índices que permitam determinar, de forma simples e eficiente, a capacidade de suprimento de nitrogênio dos solos. Muitos métodos químicos e biológicos têm sido propostos para avaliar a disponibilidade desse nutriente às plantas, porém, devido ao grande número de variáveis que interferem nessa disponibilidade, seus resultados não têm sido suficientemente consistentes para possibilitar sua adoção como critério seguro para recomendação de fertilizantes nitrogenados. Desta forma, a análise foliar pode ser usada como critério de diagnose para avaliar o estado nutricional de algumas forrageiras em relação ao nitrogênio. Para avaliar o estado nutricional de qualquer espécie vegetal há necessidade, contudo, de se conhecer a parte da planta que venha a refletir precisamente sua condição de nutrição, assim como o nível crítico do nutriente associado à parte amostrada.

O interesse em determinar, nas condições tropicais, a parte da gramínea forrageira que deve ser amostrada, bem como os níveis críticos de nitrogênio nessa parte é ainda muito pequeno. O conhecimento dessas informações, contudo, é de grande valor para avaliar a necessidade de adubação nitrogenada, bem como para a seleção de técnicas de adubação que garantam alta produtividade.

Associada a esse fato está a escassez de informações sobre as exigências nutricionais dos cultivares lançados recentemente, o que faz com que o manejo do pasto não proporcione condições para a expressão do potencial produtivo dessas forrageiras.

Os objetivos deste estudo foram: a) avaliar os efeitos das doses de nitrogênio na produção de matéria seca, nos teores de nitrogênio total e nítrico e na estimativa do teor de clorofila (realizada com clorofilômetro) nas folhas de dois cultivares de *Panicum maximum* (cvs. Aruana e Mombaça) em condições de casa-de-vegetação; b) selecionar a parte da planta que melhor caracterize o estado nutricional desses dois cultivares quanto ao nitrogênio; c) determinar os níveis críticos de nitrogênio total e nítrico e da estimativa do teor de clorofila nas partes amostradas; e d) determinar as concentrações de outros nutrientes em várias partes amostradas das plantas, em função nas doses de nitrogênio aplicadas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Origem e características dos capins aruana e mombaça

A produção pecuária no Brasil tropical se apóia em pastagens de gramíneas. Dentre elas, o capim-colonião (*Panicum maximum* Jacq.) sempre ocupou lugar de destaque devido à alta produtividade, boa qualidade da forragem e ampla adaptabilidade, apesar de ser considerada exigente quanto à fertilidade do solo e requerer técnicas especiais de manejo.

A partir do início da década de 80 foram postos à disposição dos pecuaristas oito novos cultivares de *Panicum maximum*, entre eles o aruana, lançado em 1989 pelo Instituto de Zootecnia da Secretaria de Agricultura e Abastecimento de São Paulo, e o mombaça, lançado mais recentemente, em 1993, pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, através do Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte - Campo Grande (MS).

O cultivar aruana foi introduzido no Instituto de Zootecnia em 1974, através de sementes provenientes do Ministério da Agricultura, resultantes da multiplicação de material genético trazido da África pelo pesquisador Dr. Jorge Ramos Otero, alguns anos antes; o mombaça é resultado da seleção direta do germoplasma do Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération (ORSTOM) coletado na Tanzânia (Jank, 1995).

Experimentos mostram que o aruana tem produzido aproximadamente 15 t ha⁻¹ por ano de matéria seca com 98 g kg⁻¹ de proteína bruta aos 50 dias de vegetação, tem apresentado boa distribuição sazonal (37% no inverno), boa aceitabilidade, elevada

resistência ao pisoteio, ótima produção de sementes (em média 200 kg ha⁻¹) e um número de perfilhos bem superior ao do colonião comum. Possui, ainda, porte mais baixo que o colonião comum, colmos finos e emite estolões (Instituto de Zootecnia, 1989).

Com relação ao mombaça, Jank (1995) verificou que este foi 130% mais produtivo (com produção anual de 33 t ha⁻¹), apresentou maior porcentagem de folhas, maior capacidade de suporte, maior porte e folhas mais largas que *Panicum maximum* cv. colonião. Os teores de proteína bruta foram de 134 g kg⁻¹ nas folhas e 90 g kg⁻¹ nos colmos. Outra característica desse cultivar é a de possuir colmos levemente arroxeados.

Trabalhos apresentados no 12º Simpósio sobre Manejo de Pastagens (Jank, 1995 e Monteiro, 1995) deixaram claro a necessidade de se conhecer as exigências nutricionais dos cultivares aruana e mombaça, por serem novos lançamentos, bem como as técnicas de adubação que permitam obter alta produtividade.

2.2 Nitrogênio na planta

O nitrogênio é um dos elementos essenciais para as plantas, sendo constituinte de numerosos compostos orgânicos como aminoácidos, proteínas e ácidos nucléicos. Além disso, o nitrogênio participa, com quatro átomos, da composição da molécula de clorofila. Em geral, representa de 20 a 40 g kg⁻¹ da massa dos tecidos vegetais (Mengel & Kirkby, 1987).

As formas de nitrogênio mais absorvidas pelas plantas são o nitrato e o amônio. O nitrato é a forma predominantemente absorvida, dependendo, entretanto, da espécie da planta e de fatores ambientais como luminosidade, temperatura, pH, umidade e concentração de nitrato no meio externo (Novoa & Loomis, 1981 e Mengel & Kirkby, 1987). Mengel & Kirkby (1987) relataram que a absorção de nitrato é um processo ativo, que o mesmo move-se contra um gradiente eletroquímico e que a sua absorção é regulada pela absorção de cátions como K⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, ou pela excreção de outros ânions (OH⁻ ou HCO₃⁻) para manter a eletroneutralidade dentro da planta.

Após absorvido pelas raízes o íon nitrato pode ser translocado para a parte aérea via xilema, armazenado nos vacúolos das células das raízes, colmos e órgãos de reserva ou reduzido à forma amoniacal (Novoa & Loomis, 1981 e Marschner, 1986). A acumulação do nitrato no vacúolo é fundamental para o balanço de cátions e ânions, assim como para o processo de osmoregulação (Marschner, 1986). Portanto, o nitrato absorvido deve ser reduzido à forma amoniacal para poder ser incorporado a esqueletos carbônicos, formando inicialmente ácido glutâmico, responsável pela produção de mais de uma centena de aminoácidos. Somente cerca de vinte aminoácidos são utilizados na formação de proteínas, as quais participam como enzimas nos processos metabólicos das plantas (Mengel & Kirkby, 1987).

Quando absorvido em elevadas quantidades, o nitrato pode ser armazenado nos vacúolos, se não for prontamente assimilado, formando-se o que se denomina “pool substrato”, enquanto que o nitrato que circula no citoplasma forma o “pool indutor”. No “pool substrato” o nitrato está fora do alcance da enzima redutase do nitrato, responsável pela sua redução a nitrito, enquanto que no “pool indutor” encontra-se exposto à ação dessa enzima (Fernandes & Rossiello, 1986). Essa enzima é muito importante no processo de formação de proteínas (Lehninger, 1976).

A redução do nitrato pode ocorrer tanto nas raízes quanto nas folhas, dependendo da espécie e da taxa de absorção. Em espécies tropicais e subtropicais a redução do nitrato ocorre principalmente na parte aérea, independentemente da concentração desse íon na solução do solo (Nambiar et al., 1988).

A absorção do amônio pode induzir aumento na absorção de formas aniônicas, promovendo efeito competitivo com os cátions básicos, de modo a proporcionar uma redução na concentração desses cátions em plantas dependentes de nitrogênio amoniacal (Mengel & Kirkby, 1987).

A forma amoniacal não é acumulada em condições normais e pode ser tóxica às plantas em concentrações relativamente baixas, causando alterações metabólicas nas plantas. Contudo, seu aumento pode ocorrer em condições de absorção excessiva ou

pela falta de esqueletos carbônicos para sua incorporação. O acúmulo e a circulação de NH_4^+ livre nos tecidos vegetais são evitados pela rápida assimilação do NH_4^+ em forma orgânica. Assim, a incorporação de NH_4^+ na ligação da glutamina, uma reação extremamente rápida e eficiente, é uma maneira eficaz de reduzir os níveis de NH_4^+ livre nos tecidos, evitando seus efeitos tóxicos, sendo, também, uma maneira eficiente de acumular N-orgânico (Fernandes & Rossiello, 1986).

O nitrogênio na planta pode ser dividido em três frações: N-inorgânico (NO_3^- e NH_4^+), N-protéico e N-alfa amino solúvel sendo esta última fração a mais variável devido aos distúrbios nutricionais (Silveira, 1980). As plantas com o nível de nitrogênio acima do adequado contém maiores teores de formas solúveis de nitrogênio como nitratos, amidas e ureídeos (Mills & Jones, 1979).

A translocação do nitrogênio na planta é fato conhecido e ocorre mesmo em plantas com suprimento suficiente desse nutriente. Quando ocorre deficiência de nitrogênio, o nitrato é o primeiro a desaparecer, passando os grupos amina e amida a serem translocados. Persistindo a deficiência, ocorre a mobilização do N-protéico dos tecidos mais velhos para os mais novos (Mills & Jones, 1979). Nas folhas mais velhas ocorre então a hidrólise das proteínas, sendo o nitrogênio redistribuído, na forma de aminoácidos, para as folhas mais novas. Essa hidrólise resulta num colapso dos cloroplastos, diminuindo dessa maneira o conteúdo de clorofila e tendo-se como consequência a clorose nas folhas velhas como primeiro sintoma de deficiência de nitrogênio (Mengel & Kirkby, 1987).

2.3 Respostas de *Panicum maximum* à adubação com nitrogênio

A adubação nitrogenada vem sendo muito estudada para as gramíneas, tendo em vista que o nitrogênio é um dos elementos mais deficientes em solos ácidos dos trópicos e, ao mesmo tempo, um dos mais exigidos por essa família de plantas (Werner, 1986 e Salinas & Gualdrón, 1988).

Em plantas forrageiras já estabelecidas o nitrogênio, constitui-se no principal fator responsável pelo aumento imediato e visível de produção, desde que fatores edáficos, climáticos e outros não sejam limitantes (Werner, 1986 e Monteiro, 1995). Segundo Corsi (1984), o nitrogênio promove uma série de alterações fisiológicas em gramíneas forrageiras, favorecendo o número, tamanho, peso e taxa de aparecimento de folhas e de perfilhos, sendo também responsável pelo alongamento do caule; tais fatores são determinantes da produção de matéria seca. Além do efeito sobre a produção de matéria seca das forrageiras, o nitrogênio também tem influência marcante no valor nutritivo das mesmas e, conseqüentemente, na taxa de lotação e ganho de peso por animal e por hectare.

Uma série de experimentos tem demonstrado que incrementos significativos na produção de matéria seca e no valor nutritivo de *Panicum maximum* podem ser obtidos com o emprego de nitrogênio. Apesar de na maioria desses experimentos ter havido respostas lineares de produção de matéria seca às doses de nitrogênio, a magnitude dessas respostas tem sido variável.

Gomide (1985), através de resultados compilados de diversos experimentos desenvolvidos com o colômbio, verificou que o aumento de matéria seca por quilograma de nitrogênio aplicado por hectare, ou seja, a eficiência de conversão, variou de 7 até 32,1 kg de matéria seca produzida por quilograma de nitrogênio aplicado. Segundo Boin (1986), condições de solo e clima, frequência de cortes e potencial genético das gramíneas poderiam ser apontados como alguns fatores que afetam as respostas das forrageiras à adubação nitrogenada.

Comparando sete gramíneas tropicais, cultivadas em condições de trópico úmido, e que haviam recebido doses de 0 a 1792 kg ha⁻¹ de N, Vicente-Chandler (1973) evidenciou o potencial do *Panicum maximum* de propiciar expressivas respostas a essa adubação até a máxima dose estudada. Naquela condição, o colômbio mostrou-se mais produtivo que o gordura e o pangola, mas foi inferior ao elefante, principalmente nas doses mais altas de nitrogênio. Verificou, também, que todas as gramíneas aumentavam seus teores de proteína até 100 g kg⁻¹ aos 60 dias de crescimento.

Em experimento de campo realizado em Podzólico Vermelho-Amarelo variação Laras, Mattos & Werner (1979) estudaram, por um período de três anos, a resposta do colônio ao nitrogênio, nas doses de 0; 75; 150 e 225 kg ha⁻¹, sendo um terço aplicado no início e dois terços no final das águas. Observaram que a produção de matéria seca e o teor de proteína bruta aumentaram linearmente com a elevação das doses de nitrogênio.

Gomide et al. (1984) estudaram o efeito de doses de nitrogênio na produção de matéria seca e no teor de proteína bruta em colônio em três anos agrícolas. Houve resposta linear às doses de nitrogênio (0, 60, 120, 180 e 240 kg ha⁻¹ por ano), sendo observado aumento de produção de matéria seca da ordem de 2,58 a 32,6 kg ha⁻¹ por quilograma de nitrogênio aplicado. A adubação nitrogenada também incrementou o teor de proteína bruta e a extração de nitrogênio pela gramínea. Crespo (1986), também estudando o colônio, encontrou valores de 7,1 a 83,3 kg de matéria seca por quilograma de nitrogênio aplicado em condições de irrigação suplementar ao déficit hídrico, verificando a capacidade de resposta à adubação em presença de condições edafoclimáticas adequadas.

Cultivando *Panicum maximum* cv. IZ-1 em amostras de Latossolo Vermelho Escuro tratadas com 0, 100, 200, 300 e 500 mg kg⁻¹ de N, Hoffmann (1992) constatou aumentos significativos na produção de matéria seca da parte aérea, sendo que a máxima produção foi obtida com 338 mg kg⁻¹ de N, para o primeiro crescimento. Com relação ao perfilhamento, verificou que este seguiu a mesma tendência de resposta da produção de matéria seca (quadrática), embora a dose para o perfilhamento máximo tenha sido superior à encontrada para a produção de matéria seca. Santos et al. (1995) verificaram que o *Panicum maximum* cv. vencedor, submetido a doses de nitrogênio atingiu o rendimento máximo de matéria seca da parte aérea com 362 mg de N por litro de solução nutritiva; quanto ao perfilhamento, constataram que houve diferença acentuada e significativa entre as condições de alto e baixo suprimento de nitrogênio.

Ao estudar o efeito da aplicação de nitrogênio (0, 250, 500, 750, 1000 e 1250 kg ha⁻¹ por ano, divididos em quatro aplicações) no rendimento e composição

química do colômbio, Crespo et al. (1980) observaram que a produção de matéria seca aumentou linearmente até a dose de 500 kg ha⁻¹ de N. Por outro lado, a concentração de nitrato foi acentuadamente aumentada com doses mais altas que esta, sendo sempre maiores aos 15 dias da rebrota do que aos 30 dias. Observaram, ainda, que os teores de cálcio e magnésio não foram afetados pelas doses de nitrogênio, mas os teores de fósforo foram significativamente reduzidos, principalmente com o emprego das doses acima de 500 kg ha⁻¹ de N por ano.

Cultivando o *Panicum maximum* cv. IZ-1 num Latossolo Vermelho Escuro da região noroeste do Paraná, Ferrari Neto (1991) verificou que as principais limitações nutricionais desse solo, em ordem decrescente, foram: nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre, cujas omissões na adubação promoveram, na média de dois cortes, reduções de 75, 75, 70 e 59%, respectivamente, na produção de matéria seca desse capim, em relação ao tratamento completo. Quando foi considerada somente a produção de matéria seca no segundo corte, a omissão do nitrogênio causou efeito mais drástico que a omissão de fósforo.

Monteiro & Werner (1977) constataram que as adubações nitrogenada e fosfatada juntas mostraram grande influência no crescimento do colômbio, destacando-se o importante efeito do fósforo no estabelecimento da forrageira, independentemente da presença ou não do nitrogênio. Por outro lado, o emprego do nitrogênio sem o fósforo resultou em efeito não significativo ($P < 0,05$) na produção da gramínea recém estabelecida e efeito altamente significativo ($P < 0,01$) quando esta já se encontrava estabelecida há mais tempo.

A frequência de corte das plantas forrageiras pode afetar diferentemente as respostas à adubação nitrogenada. Favoretto (1981), estudando o efeito de quatro frequências de corte (28, 35, 42 e 49 dias) e de quatro níveis de nitrogênio (0; 75; 100 e 125 kg ha⁻¹) na produção de matéria seca de pastagens de colômbio, verificou que a adubação nitrogenada aumentou a produção de matéria seca e de proteína bruta, sendo que a produção de matéria seca mostrou-se mais elevada mediante aplicação da maior

dose de nitrogênio. Com relação aos intervalos entre cortes, à medida em que estes aumentaram, as produções de matéria seca cresciam e as de proteína bruta decresciam.

Em estudo com o colônio, Zago & Gomide (1982) observaram maiores rendimentos de matéria seca com cortes a intervalos de 56 e 63 dias do que com intervalos de 21 e 28 dias. Esta diferença foi mais acentuada quando as parcelas receberam adubação de reposição com 168 kg ha^{-1} de N (aplicada parceladamente conforme intervalo de corte), em comparação com as parcelas não adubadas. O teor médio de proteína bruta no verão foi de 109 e 102 g kg^{-1} para 21 dias e de 63 e 62 g kg^{-1} para 63 dias de intervalo entre os cortes, para as parcelas adubadas e não adubadas, respectivamente.

Uma das principais metas das pesquisas com o nitrogênio é aumentar o aproveitamento dos adubos nitrogenados através da adoção de fontes, doses, épocas e métodos adequados de aplicação, bem como do conhecimento do período de maior exigência desse nutriente para as plantas e também, do melhoramento genético das plantas para aumentar a eficiência de absorção de nitrogênio (Peres & Suhel, 1986 e Crespo et al., 1986).

A eficiência do nitrogênio aplicado em colônio tem sido inversamente proporcional à dose. Caro-Costas et al. (1960), ao estudarem em Porto Rico a recuperação do nitrogênio pelo colônio encontraram valores de 60,2; 42,3 e 41,5%, respectivamente, para as doses de 224, 448 e 896 kg ha^{-1} por ano de N. Taxas de recuperação de 72,4 e 50,2% em *Panicum maximum* cv. Liconi foram obtidas por Brunet et al. (1988) quando empregaram doses de 60 e 240 kg ha^{-1} por ano de N, respectivamente.

Gomide et al. (1984) verificaram que a recuperação do nitrogênio pelo colônio decresceu com o decorrer do período experimental, passando de 70,4% no primeiro ano para 49,0 e 34,6% para o segundo e terceiro ano, respectivamente.

Werner (1970/1971) trabalhando com épocas de aplicação de nitrogênio em colônio, verificou que a recuperação do nitrogênio aplicado na dose 100 kg ha^{-1} variou de 45,2 a 64,4%, dependendo da época de aplicação.

Alguns experimentos têm demonstrado que as quantidades de nitrogênio extraídas pelo colômbio superam as adicionadas, depreendendo-se que grande parte do nitrogênio proveio da mineralização da matéria orgânica original do solo, cujo esgotamento em nitrogênio tem levado a decréscimo de produção do primeiro para o segundo ano. Resultados de Andrade et al. (1991) com três cultivares de *Panicum maximum* adubadas com 80 kg ha⁻¹ por ano de N, e os de Ghisi et al. (1989), que obtiveram, para uma dose anual de 50 kg ha⁻¹ de N, uma extração superior a 200 kg de nitrogênio por ocasião do primeiro ano, confirmam este fato.

2.4 Amostragem de gramíneas forrageiras para diagnose foliar

A utilização da análise foliar como critério diagnóstico é baseada na premissa da existência da relação significativa entre o suprimento de nutrientes e seus níveis nas folhas, e que aumentos ou decréscimos nas concentrações se relacionam com produções mais altas ou mais baixas, respectivamente (Martin & Matocha, 1973 e Evanhuys & Waard, 1980).

De acordo com Munson & Nelson (1973), o uso da análise de plantas está baseado no princípio de que a concentração de um nutriente dentro da planta é um valor integral de todos os fatores que interagiram para afetá-lo. Os fatores diretamente responsáveis por alterações nas concentrações de nutrientes no tecido vegetal são: espécie e/ou variedade, condições do ambiente (umidade, temperatura, luz, entre outros), tipo de tecido e sua idade, forma química do nutriente considerado, níveis dos nutrientes e suas interações, os quais refletem seus efeitos na absorção, no transporte e na redistribuição interna do elemento (Bates, 1971 e Sumner, 1977). Bates (1971) destacou que a parte da planta que melhor se presta para a análise de tecidos é aquela que apresenta as melhores relações entre a concentração do nutriente e a produção da planta.

Cuidados especiais deverão ser tomados para a seleção da parte da planta a ser amostrada. Martin & Matocha (1973) especificaram que a parte considerada na amostragem deve refletir com exatidão o estado nutricional da planta, apresentar elevada

amplitude de concentrações desde a deficiente até a adequada, ter um nível crítico relativamente constante em sucessivas amostragens e ser fácil de amostrar, de identificar e de se coletar no campo. Em geral, as folhas é que são analisadas, mas para algumas culturas e em particular para alguns nutrientes, outros tecidos podem ser indicadores mais sensíveis (Smith, 1962).

Smith (1962), ao considerar o aspecto da parte da planta a ser amostrada, mencionou que analisar a planta toda pode ser indesejável devido ao fato de a presença de nutrientes minerais em tecidos inativos poder mascarar diferenças funcionais. Segundo Smith (1988), a mistura de tecidos de diferentes partes do vegetal e idades fisiológicas resultam, também, em perda da sensibilidade.

De acordo com Raij (1991), deve-se sempre utilizar critérios de interpretação de resultados de análise foliar referentes ao sistema de amostragem que foi praticado, já que diferenças nas amostragens podem influir nos teores de nutrientes.

Em revisão de literatura feita por Smith (1988), sobre critérios para interpretação de análise de 38 espécies forrageiras, das quais 15 eram gramíneas, ficou evidente que, na maioria das vezes, as amostragens realizadas envolveram toda a parte aérea das plantas. Dentro do grupo das gramíneas temperadas o autor também relacionou trabalhos com amostragens das lâminas de folhas jovens expandidas e cuja lígula estava visível. Para *Panicum maximum* cv. Petri, reportou quatro situações onde toda a parte aérea foi amostrada.

Para uma série de gramíneas forrageiras tropicais, a determinação do nível crítico tem sido feita amostrando-se toda a parte aérea, como verificado nos trabalhos de Andrew & Robins (1971); Rego et al.(1985); Fonseca (1985) e Corrêa (1991).

Com a finalidade de verificar as exigências nutricionais do colônio e do jaraguá, Werner (1971) separou as plantas em três partes: “folhas novas”, que eram constituídas das lâminas das duas folhas mais novas e completamente expandidas mais as folhas em expansão; “folhas velhas”, constituídas das lâminas das folhas que restavam em cada perfilho, após retiradas as folhas novas; e o colmo propriamente dito mais as bainhas que foram mantidas a eles circundadas.

Santos et al. (1995) e Silva et al. (1995), procedendo a amostragem para fins de diagnose foliar nos cultivares vencedor e tanzânia de *Panicum maximum* submetidos a doses de nitrogênio e potássio, respectivamente, utilizaram o mesmo sistema de amostragem empregado por Werner (1971). Santos et al. (1995) encontraram maiores teores de nitrogênio nas folhas novas do vencedor, enquanto Silva et al. (1995) verificaram maiores teores de potássio nos colmos mais bainhas.

Para fins de diagnose foliar em *Panicum maximum* cv. IZ-1, Hoffmann (1992) utilizou da parte aérea toda e de algumas folhas novas que designou como sendo folhas que apresentavam lâmina foliar totalmente expandida e que tinham lígula visível.

Realizando estudo para diagnóstico de fósforo em *Panicum maximum* cv. Petri, Smith (1975) amostrou separadamente: toda a parte aérea; as folhas jovens com lâminas totalmente expandidas e com lígula visível; os brotos, considerados como o material situado acima da primeira folha que apresentava lígula visível, incluindo as folhas ainda em expansão; e as bainhas, consideradas como as partes restantes após a remoção das lâminas das folhas jovens e dos brotos. Concluíram que as lâminas de folhas novas refletem o estado nutricional em fósforo dessa gramínea tão bem quanto a parte aérea

Para a determinação do nível crítico de fósforo em *Panicum maximum* cv. IZ-1, Meirelles et al. (1988) adotaram critério similar ao de Smith (1975), amostrando: a) primeiras, segundas e terceiras folhas mais jovens, cujas lâminas se apresentavam totalmente expandidas (com lígula visível), as quais denominaram de “folhas novas”; b) “brotos”, que correspondiam à extremidade do topo das plantas logo acima da lígula da folha mais jovem expandida; c) “folhas velhas”, consideradas, como sendo a quarta, quinta e eventualmente a sexta folhas basais que ainda não tinham entrado em processo de senescência, e; d) “colmos”, isto é, caule mais bainhas das folhas. Concluíram que as folhas novas foram as mais adequadas, quer pela melhor correlação entre os níveis de fósforo nessa parte da planta e a produção de matéria seca, quer pela maior praticidade na coleta e facilidade de identificação no campo.

A relação entre o crescimento e a concentração de nitrogênio nas folhas de setária (*Setaria anceps* cv. Nandi), quicuiu (*Pennisetum clandestinum*), pangola

(*Digitaria decumbens*) e buffel (*Cenchrus ciliaris* cv. Biloela) foi determinada por Henzell & Oxenham (1973a). Para tanto, analisaram o nitrogênio total na lâmina da folha mais nova totalmente expandida (com lígula visível) proveniente dos perfilhos maiores e que estavam em estado vegetativo, a qual eles denominaram de folha-índice, e observaram que a taxa máxima de crescimento ocorreu com 43 g kg^{-1} nessa folha. Em outro experimento, também com setária, Henzell & Oxenham (1973b) determinaram a concentração de nitrogênio total na folha-índice e também nas duas folhas imediatamente acima e abaixo. Também compararam a porcentagem de nitrogênio na lâmina da folha-índice obtida de diferentes perfilhos na mesma planta. Concluíram que a coleta acidental da lâmina de uma folha mais velha ou mais nova que a folha-índice é insuficiente para influenciar seriamente a concentração de nitrogênio, mas que esta concentração nas lâminas de folhas obtidas dos perfilhos menores foi significativamente ($P < 0,05$) maior que as dos outros perfilhos, apesar dessa diferença ter sido relativamente pequena.

Para acompanhar as variações na concentração de nitrogênio, fósforo e potássio durante um ano, em pastagens estabelecidas de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk e *Digitaria decumbens*, adubadas com nitrogênio, fósforo e potássio, Standley (1981) utilizou o sistema de amostragem empregado por Henzell & Oxenham (1973a), ou seja, amostrou folhas-índice dessas gramíneas. O autor optou por esta amostragem por considerar que essas folhas têm o mérito de representar um estágio padrão de desenvolvimento fisiológico, além de ser a parte mais fácil de ser identificada e amostrada durante o ano.

O nível crítico de fósforo em braquiária (*Brachiaria decumbens*), jaraguá (*Hyparrhenia rufa*), gordura (*Melinis minutiflora*), colômbio (*Panicum maximum*), elefante (*Pennisetum purpureum*) e pangola (*Digitaria decumbens*) foi determinado por Martinez & Haag (1980) nas folhas, caules, bainhas e raízes dessas gramíneas, quando cultivadas em solução nutritiva modificada para níveis de fósforo. Os autores demonstraram que o colômbio foi um dos capins mais exigentes quanto ao nível de fósforo e, ao mesmo tempo, uma das plantas que melhor respondem à adubação fosfatada.

Em estudo relativo à concentração de fósforo em *Brachiaria decumbens*, Monteiro et al. (1995) amostraram as “folhas não expandidas”, que eram constituídas das folhas do topo da planta sem lígula visível; as “lâminas de folhas novas”, que eram as lâminas das duas folhas mais novas completamente expandidas (com lígula visível) de cada perfilho; as “lâminas de folhas velhas”, que eram as lâminas das demais folhas expandidas (com lígula visível) e os “colmos mais baixos” das folhas completamente expandidas. Concluíram que, pela facilidade de execução da amostragem e pelo melhor coeficiente de correlação obtido, as lâminas de folhas novas foram as mais recomendadas para fins de diagnose nutricional de fósforo nessa gramínea.

2.5 Níveis críticos de nitrogênio em gramíneas forrageiras

O manejo correto da adubação nitrogenada e a manutenção de um suprimento adequado de nitrogênio, com vistas à obtenção de máxima produtividade e boa qualidade da forragem, através da avaliação da disponibilidade de nitrogênio no solo, são dificultados devido à variabilidade de transformações químicas e biológicas a que está sujeito o nitrogênio no solo, tornando difícil adequar as quantidades a serem aplicadas desse fator de produção às necessidades das forrageiras.

Assim, a grande dificuldade na avaliação da disponibilidade do nitrogênio está na dinâmica do elemento no solo. As taxas de mineralização da matéria orgânica e de imobilização de formas minerais são variáveis, dependendo da disponibilidade de resíduos orgânicos, de fatores climáticos e de condições do próprio solo. Além disso, o íon nitrato é muito móvel no solo estando sujeito à lixiviação em climas úmidos, podendo mesmo ascender no solo, em períodos secos de grande evaporação de água na superfície. Juntamente com a dinâmica das formas minerais no solo, deve ser considerado que a matéria orgânica pode fornecer quantidades variáveis de nitrogênio, dependendo do processo em que se encontra, seja em processo de decomposição acelerada, seja próximo de um equilíbrio (Raij, 1991).

Pela dificuldade em se avaliar a contribuição da matéria orgânica e pela variação das condições climáticas, não há, até o momento, um método de análise de solo que possibilite uma recomendação razoavelmente segura de adubação nitrogenada (Almeida et al., 1986).

Atualmente a recomendação de adubação nitrogenada para pastagens, no Brasil, assim como para outras culturas de interesse econômico, não tem levado em consideração o suprimento de nitrogênio do solo. Para pastagens, a recomendação é geralmente baseada na proposta do manejo, na produção requerida (Whitehead, 1970), na espécie plantada, na época do ano, nas características do solo e em resultados experimentais (Werner, 1986).

A verificação da necessidade de adubação nitrogenada para as plantas pode ser feita através da observação de sintomas visuais de deficiência, um diagnóstico qualitativo dessa necessidade. Entretanto, os sintomas podem induzir a um diagnóstico equivocado quando se assemelham aos produzidos por pragas, doenças e alterações climáticas. Além disso, os sintomas visuais aparecem normalmente em estado de carência avançada e, portanto, de difícil recuperação, comprometendo a produção de forragem. O trabalho de Werner (1971) descreveu detalhadamente os sintomas visuais de deficiência de nitrogênio, em colônia, assim como seus efeitos na produção de matéria seca.

Outro diagnóstico da necessidade de adubação nitrogenada é aquele feito através da análise foliar, uma ferramenta auxiliar no estabelecimento do estado nutricional das plantas forrageiras em relação ao nitrogênio. Entre os critérios mais utilizados para esse diagnóstico está o nível crítico do nitrogênio na planta.

O nível crítico de um nutriente, tanto no solo quanto na planta, classicamente, é a concentração desse nutriente abaixo da qual existe alta probabilidade de resposta da produção à sua adição ao solo. Para Ulrich & Hills (1973), nível crítico é a concentração do nutriente presente na planta ou em uma parte dela capaz de proporcionar 90% do crescimento máximo.

Em geral tem-se utilizado o teor total de nitrogênio para o diagnóstico desse elemento na planta. O teor de formas solúveis, como N-nitrato, também tem sido

empregado, mas com menor frequência. Segundo Martin & Matocha (1973), o nitrato é, freqüentemente, um indicador mais sensível do estado nutricional da planta e, adicionalmente, é uma medida do potencial de risco de toxicidade de nitrato para forragens destinadas à alimentação animal.

Estudando a absorção de macronutrientes em colonião, Haag et al. (1967) verificaram que o teor de nitrogênio decresceu com a idade da gramínea, apresentando concentrações de 21,0 g kg⁻¹, 17,1 g kg⁻¹ e 10,9 g kg⁻¹ na planta inteira, aos 28, 56 e 84 dias de crescimento, respectivamente. Do mesmo modo, Weber & Haag (1984) verificaram que as concentrações de nitrogênio em *Panicum maximum* cv. Makueni diminuíram com a idade da planta, apresentando uma concentração de 16,2 g kg⁻¹ de N aos 30 dias e de 7,0 g kg⁻¹ de N aos 136 dias.

Werner (1971), num estudo sobre a nutrição de algumas gramíneas forrageiras, e utilizando a técnica de omissão de nutrientes, constatou que com omissão de N, o colonião, apresentou 6,7 g kg⁻¹ N, quando considerou a planta inteira, tinha seu crescimento limitado, mas no tratamento "completo" apresentava crescimento aparentemente normal e o teor alcançou 10,6 g kg⁻¹. Constatou, ainda, que nas folhas novas, nas folhas velhas e nos colmos coletados de plantas com 33 dias, provenientes do tratamento completo, os teores de N eram de 15,0; 11,3 e 7,2 g kg⁻¹, respectivamente. No tratamento com omissão desse elemento os teores de nitrogênio estavam bem mais baixos.

Monteiro & Werner (1977), analisando a planta inteira de colonião cultivado em solo Podzólico Vermelho-Amarelo variação Laras, encontraram valores de 13,0 e 12,6 g kg⁻¹ de N (média ponderada de cinco cortes) nos tratamentos que receberam nitrogênio mais fósforo e na testemunha, respectivamente. Valores superiores a estes, da ordem de 18,0 g kg⁻¹ de N, foram encontrados na planta inteira por Ferrari Neto (1991), quando cultivou o IZ-1 por 40 dias num Latossolo Vermelho Escuro.

Henzell & Oxenhan (1973b) obtiveram, para a folha-índice de setária, a qual foi denominada pelos autores como a lâmina da folha jovem totalmente expandida com lígula visível, concentrações de N de 32,8 g kg⁻¹. Para as lâminas da primeira e segunda folhas tomadas abaixo da folha-índice, valores de 33,6 g kg⁻¹ e 31,9 g kg⁻¹ e

concentração de $33,9 \text{ g kg}^{-1}$ a $43,8 \text{ g kg}^{-1}$ N, quando amostraram as lâminas das primeiras e segundas folhas acima da folha-índice, respectivamente. Quando compararam as porcentagens de N de folhas-índices obtidas de diferentes perfilhos da mesma planta, verificaram que a concentração foi significativamente ($P < 0,05$) maior nos perfilhos menores ($44,4 \text{ g kg}^{-1}$) do que nos outros, mas a diferença entre os perfilhos foi pequena, variando de $41,4$ a $42,7 \text{ g kg}^{-1}$ de N.

Hoffmann (1992) conduziu um experimento, em casa-de-vegetação, com o objetivo de determinar os níveis críticos de nitrogênio total em *Panicum maximum* cv. IZ-1 e verificou que estes níveis, correspondentes a 80% e 90% da produção máxima, na parte aérea do IZ-1 aos 46 dias de crescimento, foram, respectivamente, $11,4$ e $13,8 \text{ g kg}^{-1}$ de N; da mesma maneira, nas folhas novas (lâmina foliar totalmente expandida e com lígula visível), estes valores foram de $15,7 \text{ g kg}^{-1}$ e $19,4 \text{ g kg}^{-1}$ de N.

Devido à relação existente entre concentração de nitrogênio total e conteúdo de clorofila nas folhas (Girardin et al., 1985), este último parâmetro tem sido utilizado para avaliar o estado nutricional das plantas com relação ao nitrogênio, assim como para a determinação da necessidade de adubações nitrogenadas adicionais em algumas culturas de interesse econômico (Schepers et al., 1992).

Recentemente foi introduzido nos Estados Unidos da América do Norte um medidor portátil de clorofila, o Chlorophyll Meter SPAD-502 (Soil Plant Analysis Development.), que expressa o resultado em valor de unidade SPAD. Recebeu no Brasil o nome de clorofilômetro, é destinado ao uso diretamente no campo, fornecendo instantaneamente a estimativa do teor de clorofila sem destruição das folhas; além disso é de fácil manuseio, apresenta calibração própria e interpretação fácil dos dados, quando comparado com métodos tradicionais de determinação de clorofila em laboratório (Minolta Camera Co, 1989).

Muitas pesquisas realizadas nos Estados Unidos com a finalidade de relacionar o teor de clorofila determinado pelo clorofilômetro com o teor de nitrogênio no solo e nas folhas de plantas anuais de interesse econômico têm demonstrado que essa medida é promissora para avaliar o estado nutricional das plantas em relação ao nitrogênio

e a necessidade de adubação nitrogenada (Follet et al, 1992; Piekielek & Fox, 1992; Schepers et al., 1992; Smeal & Zhang, 1994; entre outros). Contudo, resultados referentes ao uso do Chlorophyll Meter SPAD-502 para predizer a necessidade da adubação nitrogenada, e/ou para avaliar o estado nutricional de gramíneas forrageiras não foram encontrados na literatura.

Turner & Jund (1991) verificaram que os valores SPAD-502 feita em determinado estágio de crescimento do arroz (*Oryza sativa*) pode ser utilizada para avaliar rapidamente a necessidade de adubação nitrogenada complementar para essa cultura, quando cultivada em vários solos do Texas (EUA). Follet et al. (1992) encontraram correlação positiva entre os valores SPAD-502 e a produção de grãos de trigo (*Triticum aestivum*), o teor de nitrogênio nas folhas e o teor de nitrogênio inorgânico (N-nitrato + N-amônio) do solo de quatro localidades do Colorado (EUA). Resultados de ambos os estudos indicaram que houve redução de produção quando o valor SPAD apresentou uma leitura crítica de 42.

Smeal & Zang (1994) obtiveram alta correlação de leitura do clorofilômetro em unidades de valor SPAD com teores de nitrogênio na folha de plantas de milho (*Zea mays*), e determinaram que o nível crítico foi de 52 unidades de SPAD. Piekielek & Fox (1992) avaliaram a capacidade do medidor de clorofila SPAD-502 em predizer a disponibilidade de N do solo e o requerimento de adubação nitrogenada complementar para o milho cultivado em vários solos da Pensilvânia. Verificaram que o medidor de clorofila foi tão exato quanto os vários testes de solo estudados para o nitrogênio, com vantagem de ser mais rápido. Nesse estudo consideraram o valor de 43,4 como leitura crítica abaixo da qual a produção de milho era reduzida.

Para comparar a medida de clorofila feita com o SPAD-502 e a concentração de nitrogênio total em folhas de milho, Schepers et al. (1992) conduziram experimentos em quatro localidades do Nebraska (EUA) com vários híbridos de milho submetidos à aplicação de doses de nitrogênio. Verificaram que o valor SPAD

correlacionou-se bem com o nitrogênio total das folhas para um determinado híbrido e uma determinada localidade.

Os autores anteriormente mencionados reconhecem que, além da influência da localidade e do tipo de híbrido, outros fatores como deficiência de outros nutrientes, doenças, danos causados por insetos ou frio e estresse de água afetam a quantidade de clorofila das folhas e podem comprometer o método do clorofilômetro para monitorar o estado nutricional de nitrogênio nas plantas e auxiliar na recomendação de adubação nitrogenada para as culturas estudadas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local, forrageiras, solo e vasos

Dois experimentos foram desenvolvidos em casa-de-vegetação localizada na Estação Experimental Central do Instituto de Zootecnia, em Nova Odessa, Estado de São Paulo, no período de outubro a dezembro de 1996. Em cada experimento foram estudados os capins aruana (*Panicum maximum* Jacq. cv. Aruana) e mombaça (*Panicum maximum* Jacq. cv. Mombaça).

Amostras de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico foram coletadas a uma profundidade de 0-20 cm, secadas à sombra, peneiradas (4mm) e homogeneizadas. A análise química dessa terra revelou os seguintes resultados: pH (em CaCl_2) = 3,9, matéria orgânica = 23 g dm^{-3} , fósforo (resina) = 3 mg dm^{-3} , potássio = $1 \text{ mmol}_e \text{ dm}^{-3}$, cálcio = $6 \text{ mmol}_e \text{ dm}^{-3}$, magnésio = $3 \text{ mmol}_e \text{ dm}^{-3}$, hidrogênio + alumínio = $47 \text{ mmol}_e \text{ dm}^{-3}$, soma de bases = $10 \text{ mmol}_e \text{ dm}^{-3}$, capacidade de troca de cátions = $57 \text{ mmol}_e \text{ dm}^{-3}$, saturação por bases = 18%, $\text{N-NO}_3^- = 15,9 \text{ mg kg}^{-1}$. A análise granulométrica apresentou os seguintes valores: 18% de argila; 22% de silte e 60% de areia.

Vasos de cerâmica, cujas paredes internas foram impermeabilizadas e revestidas com sacos plásticos, receberam 4,7 kg de terra seca ao ar.

3.2 Calagem e incubação da terra

Calculou-se a necessidade de calagem de acordo com o critério da porcentagem de saturação por bases preconizada por Raij et al. (1987). A aplicação do corretivo foi efetuada em 12 de setembro de 1996, seguindo-se o cálculo para elevar a saturação por bases do solo (V%) a 60% que correspondeu a uma aplicação de 3,1 toneladas de corretivo por hectare.

Utilizaram-se, como corretivo, os reagentes analíticos óxido de cálcio e óxido de magnésio na proporção 4:1, correspondente a um calcário dolomítico contendo 32,3% de CaO e 7,7% de MgO, e apresentando um PRNT de 77%.

Os óxidos de cálcio e de magnésio, assim como a terra de cada vaso foram colocados nos sacos plásticos e misturados manualmente. Os sacos foram colocados nos respectivos vasos e a terra umedecida com água desmineralizada até 80% da capacidade de retenção, determinada pelo método TSFM (Torrão Separado pela Frente de Molhamento) descrito por Costa (1983). Em seguida os vasos foram cobertos com lona plástica, sendo semanalmente pesados para repor a água evaporada.

3.3 Delineamento experimental

Os experimentos foram conduzidos, sob delineamento experimental em blocos completos ao acaso com oito repetições e sete doses de nitrogênio, envolvendo 56 vasos para cada cultivar estudado. As doses foram 0; 45; 90; 180; 330; 530 e 750 mg kg⁻¹ de N para o aruana e 0; 35; 70; 140; 280; 480 e 700 mg kg⁻¹ de N para o mombaça.

3.4 Aplicação do nitrogênio

O nitrogênio foi aplicado na forma de nitrato de amônio (reagente analítico). Para os dois cultivares estudados e por ocasião da semeadura, foram aplicadas as seguintes doses de nitrogênio: 0; 15; 30; 60; 120; 200 e 300 mg kg⁻¹ de N.

As doses de nitrogênio aplicadas após o primeiro corte foram, para o aruana: 0; 30; 60; 120; 210; 330 e 450 mg kg⁻¹ de N assim distribuídas; 0; 10; 20; 40; 80; 135 e 200 mg kg⁻¹ de N após um dia do primeiro corte, 0; 5; 10; 20; 40; 45 e 40 mg kg⁻¹ de N após 10 dias do primeiro corte, 20 e 60 mg kg⁻¹ de N somente para as duas últimas doses estudadas e aplicados após 13 dias do primeiro corte, 0; 5; 10; 20; 40; 80 e 100 mg kg⁻¹ de N após 21 dias do primeiro corte e 0; 10; 20; 40; 50, 50 e 50 mg kg⁻¹ de N após 29 dias do primeiro corte.

Para o mombaça as doses de nitrogênio aplicadas após o primeiro corte foram: 0; 20; 40; 80; 160; 280 e 400 mg kg⁻¹ divididas em 0; 10; 20; 40; 80; 135 e 200 mg kg⁻¹; 0; 5; 10; 20; 40; 45 e 40 mg kg⁻¹; 20 e 60 mg kg⁻¹ somente para as duas últimas doses e 0; 5; 10; 20; 40; 80 e 100 mg kg⁻¹, aplicadas respectivamente aos um, 13, 18 e 31 dias após o primeiro corte.

3.5 Instalação e condução dos experimentos

A semeadura dos capins foi realizada em 23 e 24 de outubro de 1996, respectivamente, para os experimentos com o aruana e mombaça. Semearam-se 55 sementes por vaso do aruana e 200 sementes por vaso do mombaça, as quais foram distribuídas em sulco circular de aproximadamente 1 cm de profundidade.

No mesmo dia da semeadura aplicaram-se em todos os vasos de cada experimento, na forma de solução diluída, os seguintes reagentes analíticos com as respectivas quantidades: KH₂PO₄ (824,77 mg por vaso) correspondendo a 40 mg kg⁻¹ de P e 50 mg kg⁻¹ de K, Na₂SO₄ (372,85 mg por vaso) correspondendo a 18 mg kg⁻¹ de S, H₃BO₃ (4,80 mg por vaso) correspondendo a 0,2 mg kg⁻¹ de B, CuSO₄.5H₂O (13,20 mg

por vaso) correspondendo a $0,7 \text{ mg kg}^{-1}$ de Cu, $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (1,06 mg por vaso) correspondendo a $0,1 \text{ mg kg}^{-1}$ de Mo e $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (36,95 mg por vaso) correspondendo a $2,0 \text{ mg kg}^{-1}$ de Zn.

Após a emergência das plântulas, foram efetuados desbastes periódicos até a permanência de cinco plantas por vaso. Quatro dias após a realização do primeiro corte de cada experimento efetuou-se uma adubação em cobertura aplicando-se, nos vasos, uma solução do reagente analítico K_2SO_4 (262,11 mg por vaso) para fornecer 25 mg kg^{-1} de K e 10 mg kg^{-1} de S. Esta adubação foi repetida aos 20 e 25 dias após o primeiro corte, respectivamente, para o aruana e o mombaça, em doses de 45 mg kg^{-1} de K e 18 mg kg^{-1} de S, através da aplicação de 471,80 mg por vaso de K_2SO_4 . Somente para o aruana, aos 25 dias após o primeiro corte, e nos tratamentos que receberam as doses de 120; 210; 330 e 450 mg kg^{-1} de N, aplicou-se uma solução do reagente analítico KCl (222,94 mg por vaso) para fornecer 25 mg kg^{-1} de K. As doses de nitrogênio bem como as quantidades de P, K, S, B, Cu, Mo, e Zn foram expressas em miligrama do elemento por quilograma de solo.

Após a semeadura, e durante todo o período de cultivo das gramíneas, os vasos foram irrigados diariamente com água desmineralizada. Semanalmente, as bancadas que suportavam os vasos eram submetidas a um rodízio em suas posições dentro da casa-de-vegetação.

3.6 Determinação do número de perfilhos e cortes das plantas

Realizaram-se dois cortes nas plantas sempre por ocasião do início do aparecimento de folhas senescentes sendo que para o aruana, por ocasião do segundo corte, coincidiu com o alongamento do caule em algumas plantas. Procedeu-se o primeiro corte no mombaça e no aruana em 21 e 26 de novembro de 1996 (28 e 34 dias após a semeadura), respectivamente. O segundo corte foi realizado em 26 e 30 de dezembro de 1996 (35 e 34 dias da primeira amostragem) respectivamente para o mombaça e o aruana. O primeiro corte foi realizado a uma altura de 3 e 5 cm da terra, para o aruana e

mombaça, respectivamente, e o segundo, rente à coroa das plantas. Um dia antes de cada corte realizou-se a contagem do número de perfilhos em cada vaso.

As plantas foram separadas em quatro partes: a) folhas não expandidas - lâminas das folhas do topo da planta, sem lígula visível; b) lâminas de folhas novas, ou sejam, lâminas das duas folhas superiores totalmente expandidas (com lígula visível); c) lâminas de folhas velhas, isto é, das demais folhas totalmente expandidas (com lígula visível); d) colmos + bainhas, que compõem os colmos propriamente ditos e as bainhas que foram mantidas a ele circundadas.

Após o segundo corte as raízes foram separadas da terra por meio de jato de água e lavadas. Todo o material vegetal colhido foi secado em estufa com circulação forçada de ar, à temperatura de 65°C, até peso constante, sendo então pesado. A produção de matéria seca da parte aérea foi obtida somando-se as massas das lâminas das folhas não expandidas, das folhas novas, das folhas velhas e dos colmos + bainhas.

3.7 Determinação do teor de clorofila

A determinação indireta de clorofila foi realizada através do "Chlorophyll Meter SPAD-502" (Soil Plant Analysis Development) um aparelho produzido pela Minolta Camera Co., Japão. O espectro de emissão de luz do Chlorophyll Meter é aproximadamente na região do vermelho em 650nm e infravermelho em 940 nm, onde os picos de absorção de luz pela clorofila são máximo (e não afetados por outros pigmentos) e mínimo, respectivamente. A luz transmitida pela folha é convertida em sinais elétricos, e estes, em sinais digitais e microprocessados para cálculo em valor SPAD. Os valores expressos em SPAD correspondem à concentração de clorofila presente na amostra (Minolta Camera Co., 1989).

A determinação indireta de clorofila foi efetuada em seguida às amostragens das partes das plantas de ambos os capins. Os valores obtidos para cada parte amostrada, com exceção dos colmos + bainhas, correspondem à média de 30

leituras. As leituras foram realizadas em torno da porção central das lâminas, tomando-se o cuidado de evitar a nervura.

3.8 Amostragens de terra

Um dia antes da semeadura das gramíneas e da aplicação dos adubos realizou-se uma amostragem das terras dos vasos, sendo coletadas 14 subamostras, ao acaso, para cada experimento, as quais foram juntadas formando uma amostra para cada experimento. Após o segundo corte foi feita nova amostragem, desta vez coletando-se uma porção de terra de cada um dos 112 vasos. As amostras com umidade natural foram acondicionadas em sacos plásticos, e estes, fechados e armazenados em "freezer" a -15°C .

3.9 Análises químicas

3.9.1 Material vegetal

Devido à pequena quantidade de material vegetal disponível para as análises químicas de algumas partes amostradas, foi necessário juntar, duas a duas, as oito repetições, resultando quatro repetições por tratamento para as seguintes partes: lâminas do topo da planta (sem lígula visível-brotos) referentes ao primeiro e segundo cortes de ambos os cultivares, e as lâminas das folhas velhas referentes ao primeiro corte do mombaça. Em seguida, todas as amostras (da parte aérea e raízes) foram moídas em moinho Willey e acondicionadas em sacos plásticos.

Em todo material vegetal, seco a 65°C , foram realizadas as determinações dos teores totais de fósforo, cálcio, magnésio, potássio e enxofre, utilizando-se a metodologia descrita em Sarruge & Haag (1974). Para essas determinações efetuou-se a digestão nitro-perclórica e leituras em espectrofotômetro de absorção atômica, com exceção do potássio e do fósforo, determinados em fotômetro de chama e colorímetro fotoelétrico, respectivamente. O nitrogênio total foi determinado segundo Nelson &

Sommers (1973), fazendo-se um pré-tratamento das amostras com ácido salicílico e tiosulfato de sódio, seguido de digestão sulfúrica, destilação e posterior titulação.

O nitrogênio nítrico foi determinado segundo metodologia descrita por Tedesco et al. (1985), após a remoção do nitrogênio amoniacal, com MgO, e adição de liga de Devarda, com posterior titulação. Todas as determinações foram realizadas na matéria seca a 65°C e os resultados expressos em gramas do elemento por quilograma de matéria seca.

3.9.2 Terra

Análises de terra para fins de fertilidade foram executadas segundo metodologia preconizada por Raij et al. (1987). O teor de N-NO_3^- foi determinado segundo metodologia descrita por Tedesco et al. (1985), por destilação a vapor e após a remoção do nitrogênio amoniacal.

3.10 Análises estatísticas

Os resultados de produção de matéria seca, concentrações de nitrogênio total, nítrico, clorofila, fósforo, cálcio, magnésio, potássio e enxofre, de cada corte e cultivar, foram submetidos a análises de variância e análises de regressão polinomial, através do programa SANEST (Zonta & Machado, 1987). Para a determinação do nível crítico de nitrogênio total e nítrico e do valor SPAD e para as análises de correlações entre produção de matéria seca da parte aérea e concentrações de nitrogênio total e nítrico e do valor SPAD em cada parte amostrada utilizou-se do programa estatístico SAS-Institute (1989).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Experimento com *Panicum maximum* Jacq. cv. Aruana

4.1.1 Propriedades químicas da terra

As propriedades químicas da amostra de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico após incubação e antes do plantio do experimento foram: pH (CaCl_2) = 5,0, M.O. = 20 g dm^{-3} , P (resina) = 3 mg dm^{-3} , K^+ = $0,7 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, Ca^{++} = $22 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, Mg^{++} = $7 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, H + Al = $30 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, SB = $29,7 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e T = $59,7 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, V = 50% e N-NO_3^- = $24,5 \text{ mg kg}^{-1}$. Comparando-se estes resultados com os obtidos por ocasião da coleta do solo, verifica-se que a aplicação dos óxidos de cálcio e magnésio resultou em aumentos no cálcio e magnésio trocáveis, no pH, na soma de bases e na saturação por bases. Verificou-se, também, durante o período de incubação, que a mineralização do nitrogênio orgânico resultou incremento de cerca de 54% no teor de N-NO_3^- (de 15,9 para $24,5 \text{ mg kg}^{-1}$), fenômeno provavelmente favorecido pelo aumento do pH do solo.

A aplicação do nitrogênio e o cultivo da gramínea causaram alterações significativas ($P < 0,01$) em todas as características do solo (Tabela 1). Assim, pH, fósforo extraível, potássio, cálcio e magnésio trocáveis, soma de bases e saturação por bases diminuíram com a dose de N, enquanto a acidez potencial, capacidade de troca de cátions e nitrato aumentaram, em todos os casos segundo equação do segundo grau (Tabela 2). O efeito do N em estimular o desenvolvimento das plantas explica as diminuições no pH, nos teores de P, K, Ca e Mg e nos valores de SB e V, assim como o

aumento do H+Al. Os teores de N-NO_3^- mostram que o nitrogênio aplicado nas doses mais altas não foi totalmente consumido pelas plantas.

Tabela 1. Alterações nas propriedades químicas de amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, tratadas com doses de nitrogênio e cultivadas com *Panicum maximum* cv. Aruana por 68 dias.

Dose de N	M.O.	pH	P	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	H+Al	SB	T	V	N-NO ₃ ⁻
mg kg ⁻¹	g dm ⁻³	CaCl ₂	mg dm ⁻³							%	mg kg ⁻¹
0	18,8	4,9	28	5,4	20	6	30	31,4	61,4	51	6
30	21,8	4,5	28	2,0	15	5	41	22,0	63,0	35	7
60	21,4	4,1	21	1,2	14	5	53	20,2	73,2	27	9
120	21,0	3,8	22	1,0	7	4	65	12,0	77,0	16	16
210	21,5	3,8	18	1,0	6	3	68	10,0	78,0	13	37
330	21,0	3,8	17	0,9	6	3	70	9,9	79,9	12	58
450	21,0	3,8	17	1,0	5	3	69	9,0	78,0	12	92
Reg. linear	ns	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Reg. quad.	ns	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
CV (%)	9,8	3,2	12,1	10,2	12,1	13,5	16,9	8,4	15,8	12,8	10,2

** e ns = significativo ao nível de 1% de probabilidade e não significativo, pelo teste F.

Tabela 2. Equações de regressão relacionando doses de nitrogênio aplicadas, em mg kg⁻¹ de N (X) e propriedades químicas de amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, tratadas com doses de nitrogênio e cultivadas com *Panicum maximum* cv. Aruana por 68 dias.

Propriedade química	Equação	R ²
pH (CaCl ₂)	$Y = 4,6145 - 0,008276X + 0,000016X^2$	0,79
P	$Y \text{ (mg dm}^{-3}\text{)} = 27,9745 - 0,071593X + 0,000121X^2$	0,85
K ⁺	$Y \text{ (mmol}_c\text{ dm}^{-3}\text{)} = 3,6574 - 0,024910X + 0,000044X^2$	0,68
Ca ⁺⁺	$Y \text{ (mmol}_c\text{ dm}^{-3}\text{)} = 17,7706 - 0,087441X + 0,000137X^2$	0,92
Mg ⁺⁺	$Y \text{ (mmol}_c\text{ dm}^{-3}\text{)} = 5,9818 - 0,019545X + 0,000029X^2$	0,95
H+Al	$Y \text{ (mmol}_c\text{ dm}^{-3}\text{)} = 34,0108 + 0,281965X - 0,000495X^2$	0,94
SB	$Y \text{ (mmol}_c\text{ dm}^{-3}\text{)} = 27,5559 - 0,132007X + 0,000211X^2$	0,91
T	$Y \text{ (mmol}_c\text{ dm}^{-3}\text{)} = 61,4797 + 0,150102X - 0,000284X^2$	0,95
V	$Y(\%) = 44,5296 - 0,244333X + 0,000403X^2$	0,90
N-NO ₃ ⁻	$Y \text{ (mg kg}^{-1}\text{)} = 4,4781 + 0,087992 X + 0,000237 X^2$	0,99

4.1.2 Produção de matéria seca e número de perfilhos

A produção de matéria seca da parte aérea do aruana, em ambos os cortes variou significativamente ($P < 0,01$) em função das aplicações das doses de nitrogênio, de acordo com equação de segundo grau (Figuras 1 e 2). Respostas expressivas de *Panicum maximum* às aplicações de nitrogênio foram obtidas por Vicente-Chandler (1973), Gomide et al. (1984), Hoffmann (1992), Santos et al. (1995), entre outros.

Por ocasião do primeiro corte, a produção de matéria seca da parte aérea mostrou seu ponto de máximo para a aplicação de 171 mg kg^{-1} de N (Figura 1), enquanto que para o segundo corte a produção máxima foi obtida com o emprego de 332 mg kg^{-1} de N (Figura 2). Este último valor está bem próximo do obtido por Hoffmann (1992) para o *Panicum maximum* cv. IZ-1 cultivado num Latossolo Vermelho Escuro.

Figura 1. Produção de matéria seca no primeiro corte (34 dias após a semeadura) da parte aérea de *Panicum maximum* cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função de doses de nitrogênio.

O fato de a produção máxima ter sido atingida com uma dose menor de nitrogênio e da queda de produção ter sido mais acentuada no primeiro corte, podem ser explicados pela menor demanda de nitrogênio pelas plantas na primeira fase de crescimento.

Figura 2. Produção de matéria seca no segundo corte (34 dias após o primeiro corte) da parte aérea de *Panicum maximum* cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função de doses de nitrogênio.

As produções de matéria seca da parte aérea do aruana na dose zero de nitrogênio representaram 46 e 14%, das máximas alcançadas, respectivamente para o primeiro e segundo cortes. Observou-se, também, que a produção do primeiro corte nessa dose (7,3 g/vaso) foi cerca de uma vez e meia maior que a encontrada no segundo corte (3,7 g/vaso). Provavelmente essa diferença se deva à maior disponibilidade do nitrogênio durante a primeira fase de crescimento das plantas, proveniente da mineralização do nitrogênio orgânico por ocasião da incubação das terras com o corretivo.

Os resultados aqui obtidos evidenciam, mais uma vez, a importância do nitrogênio como principal fator responsável pelo aumento e manutenção da produtividade de pastagens estabelecidas de gramíneas, tanto em sistema de corte quanto

de pastejo (Monteiro & Werner, 1977; Werner, 1986 e Monteiro, 1995).

As produções de matéria seca das lâminas de folhas não expandidas, lâminas de folhas novas, lâminas de folhas velhas e colmos + bainhas, em ambos os cortes, variaram significativamente ($P < 0,01$) e de forma quadrática com as doses de nitrogênio aplicadas (Tabelas 3 e 4). As produções máximas indicadas pelas equações da Tabela 5 foram obtidas com aplicações de 224 e 426 mg kg⁻¹ de N para lâminas de folhas não expandidas; 168 e 330 mg kg⁻¹ de N para lâminas de folhas novas; 159 e 341 mg kg⁻¹ de N para lâminas de folhas velhas e 167 e 322 mg kg⁻¹ de N para colmos + bainhas, respectivamente para o primeiro e segundo cortes.

Tabela 3. Produção de matéria seca no primeiro corte (34 dias) de diferentes componentes da parte aérea e número de perfilhos de *Panicum maximum* cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função de doses de nitrogênio. Médias de 8 repetições.

Dose de N	Lâminas de folhas não expandidas	Lâminas de folhas novas	Lâminas de folhas velhas	Colmos + bainhas	Perfilhos
mg kg ⁻¹	g/vaso				nº./ vaso
0	0,85	3,14	0,78	2,55	14
15	1,35	3,87	1,10	3,27	16
30	1,65	4,70	1,39	4,25	18
60	2,36	6,16	1,68	5,70	20
120	2,20	7,32	1,88	6,04	19
200	2,69	6,56	1,78	5,43	18
300	2,64	5,02	1,13	4,43	16
Reg. linear	**	**	**	**	**
Reg. quadr.	**	**	**	**	**
CV (%)	14,4	6,2	11,1	5,1	7,9

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F

Por ocasião do primeiro corte a maior participação (média das doses de nitrogênio) na produção de matéria seca da parte aérea foi verificada para as lâminas de folhas novas (40%), seguidas dos colmos + bainhas (35%), lâminas de folhas não expandidas (15%) e lâminas de folhas velhas (10%). No segundo corte a maior contribuição foi encontrada para os colmos + bainhas (50%), seguidos das lâminas de

folhas novas (30%), lâminas de folhas velhas (12%) e lâminas de folhas não expandidas (8%). A grande proporção de colmos + bainhas neste corte se deve à presença dessas partes remanescentes do primeiro crescimento devido à altura de corte, à diferença de idade fisiológica das plantas entre o primeiro e segundo crescimento e ao maior número de perfilhos por planta.

Tabela 4. Produção de matéria seca no segundo corte (34 dias) de diferentes componentes da parte aérea, raízes e número de perfilhos de *Panicum maximum* cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função de doses de nitrogênio. Médias de 8 repetições.

Dose de N	Lâminas de folhas não expandidas	Lâminas de folhas novas	Lâminas de folhas velhas	Colmos + bainhas	Raízes	Perfilhos
mg kg ⁻¹			g/vaso			nº/vaso
0	0,29	1,08	0,32	2,08	5,00	29
30	0,79	3,41	1,37	5,27	9,70	50
60	1,06	5,26	2,48	8,70	14,90	63
120	1,89	7,94	3,86	13,78	17,72	78
210	2,66	10,26	3,80	16,99	17,10	82
330	3,38	10,36	3,82	17,98	16,15	65
450	3,44	10,49	4,60	17,10	14,17	48
Reg. linear	**	**	**	**	**	**
Reg. quadr.	**	**	**	**	**	**
CV (%)	11,6	5,1	5,7	5,0	9,6	6,4

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F.

O número de perfilhos variou significativamente ($P < 0,01$) com as doses de nitrogênio, nos dois cortes efetuados no aruana, (Tabelas 3 e 4). As equações de segundo grau (Tabela 5) mostraram que o maior número de perfilhos ocorreu com as doses 150 e 233 mg kg⁻¹ de N, respectivamente para o primeiro e segundo cortes. A importância da adubação nitrogenada em estimular o número de perfilhos de *Panicum maximum* foi verificada por Monteiro & Werner (1977), Corsi (1984), Hoffmann (1992), Abreu (1994) e Corrêa (1996), entre outros.

Tabela 5. Equações de regressão relacionando doses de nitrogênio em mg kg^{-1} (X) e produção de matéria seca em gramas por vaso dos componentes da parte aérea e número de perfilhos por vaso (Y) de *Panicum maximum* cv. Aruana, quando cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Parte amostrada	Equação	R ²
1° corte		
Lâminas de folhas não expandidas	$Y = 1,1243 + 0,015206X - 0,000034X^2$	0,88
Lâminas de folhas novas	$Y = 3,3554 + 0,047771X - 0,000143X^2$	0,94
Lâminas de folhas velhas	$Y = 0,9245 + 0,013324X - 0,000042X^2$	0,94
Colmos + bainhas	$Y = 2,9642 + 0,039228X - 0,000117X^2$	0,85
Perfilhos	$Y = 15,6384 + 0,051649X - 0,000172X^2$	0,67
2° corte		
Lâminas de folhas não expandidas	$Y = 0,2851 + 0,015334X - 0,000018X^2$	0,99
Lâminas de folhas novas	$Y = 1,6735 + 0,058740X - 0,000089X^2$	0,98
Lâminas de folhas velhas	$Y = 0,8663 + 0,021799X - 0,000032X^2$	0,87
Colmos + bainhas	$Y = 2,6593 + 0,102258X - 0,000159X^2$	0,99
Raízes	$Y = 7,5384 + 0,086860X - 0,000166X^2$	0,80
Perfilhos	$Y = 37,5968 + 0,385643X - 0,000829X^2$	0,88

Por ocasião do primeiro corte verificou-se que o número de perfilhos na dose zero de nitrogênio foi 20% menor em relação ao máximo alcançado neste corte, enquanto que no segundo corte esse valor chegou a 54%. A menor redução no número de perfilhos encontrado no primeiro corte, em relação ao segundo corte, foi provavelmente devido à utilização pelo aruana do nitrogênio do solo proveniente da mineralização do nitrogênio orgânico durante a fase de incubação da terra.

O maior número de perfilhos verificado no segundo corte, em relação ao primeiro (cerca de duas vezes) na dose zero de nitrogênio, pode ser atribuído à característica desse capim em apresentar um intenso perfilhamento (Instituto de Zootecnia, 1989). Entretanto, este aumento não foi suficiente para manter a produção de matéria seca da parte aérea do segundo corte ao nível do primeiro, a qual apresentou também uma redução de 33%, o que pode ser explicado pelo fato de que, em plantas

deficientes em nitrogênio, as folhas são menores e em menor número, contribuindo para uma menor produção. Segundo Corsi (1984), o manejo da adubação nitrogenada é fundamental, uma vez que o nitrogênio deve estar disponível no período em que a planta estimula os sítios de crescimento para a reconstituição da parte aérea que, no caso do colômbio, ocorre até sete dias após a desfolha. Whitehead (1970) comentou que a adubação nitrogenada eleva a produtividade de matéria seca através do aumento da área foliar.

A produção de matéria seca das raízes variou significativamente ($P < 0,01$) com as doses de nitrogênio (Tabela 4) e apresentou seu ponto de máximo com o emprego de 262 mg kg^{-1} de N, segundo a equação indicada na Tabela 5. Aumentos na produção de raízes de *Panicum maximum*, com a aplicação de nitrogênio, também foram obtidos por Monteiro & Werner (1977) para o colômbio, Abreu (1994) para o tanzânia-1 e Corrêa (1996) para o colômbio e o vencedor.

4.1.3 Concentração de nitrogênio total, nitrato e clorofila na planta

4.1.3.1 Concentração de nitrogênio total

A concentração de nitrogênio total nas partes da forrageira, e em ambos os cortes, aumentou linearmente com as doses de nitrogênio estudadas (Tabelas 6 e 7). As equações de regressão obtidas são indicadas na Tabela 8.

Tanto no primeiro como no segundo corte as concentrações de nitrogênio total nas lâminas de folhas novas foram superiores às das lâminas de folhas velhas, que, por sua vez, foram superiores à dos colmos + bainhas (Tabela 6). A concentração de nitrogênio nas lâminas de folhas não expandidas em ambos os cortes, foi mais elevada do que a obtida nas lâminas de folhas novas somente até a dose de 120 mg kg^{-1} de N. Sabendo-se que o nitrogênio é um nutriente muito móvel na planta (Mengel & Kirkby, 1987), acredita-se que tenha ocorrido sua translocação das diversas partes da planta para as lâminas de folhas não expandidas quando o suprimento de N era limitado.

Tabela 6. Concentração de nitrogênio total na parte aérea proveniente do primeiro corte de *Panicum maximum* cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função de doses de nitrogênio. Médias de 4 repetições para lâminas de folhas não expandidas e 8 para as demais partes.

Dose de N	Lâminas de folhas não expandidas	Lâminas de folhas novas	Lâminas de folhas velhas	Colmos + bainhas
mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹			
0	12,42	10,27	10,62	6,16
15	14,22	11,52	11,28	6,65
30	15,17	12,73	11,67	7,03
60	16,50	14,66	13,35	9,18
120	22,47	21,22	19,37	16,50
200	23,45	28,62	24,93	21,57
300	32,72	36,33	31,46	30,96
Reg. linear	**	**	**	**
Reg. quadr.	ns	ns	ns	ns
CV (%)	6,1	5,7	6,7	7,0

** e ns = significativo ao nível de 1% de probabilidade e não significativo, pelo teste F

Tabela 7. Concentração de nitrogênio total na parte aérea e raízes proveniente do segundo corte de *Panicum maximum* cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função de doses de nitrogênio. Médias de 4 repetições para lâminas de folhas não expandidas e 8 para as demais partes.

Dose de N	Lâminas de folhas não expandidas	Lâminas de folhas novas	Lâminas de folhas velhas	Colmos + bainhas	Raízes
mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹				
0	9,20	9,55	8,88	5,07	6,62
30	13,80	11,06	9,66	6,25	7,23
60	14,57	13,63	9,95	8,02	8,05
120	18,65	16,62	14,46	13,65	10,40
210	19,95	19,95	18,82	17,48	14,60
330	23,75	29,62	25,16	21,88	18,60
450	32,27	34,30	32,45	29,80	21,90
Reg. linear	**	**	**	**	**
Reg. quadr.	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	8,0	7,1	6,7	7,3	5,8

** e ns = significativo ao nível de 1% de probabilidade e não significativo, pelo teste F

Tabela 8. Equações de regressão relacionando doses de nitrogênio em mg kg^{-1} (X) e concentração de nitrogênio total em g kg^{-1} nos componentes da parte aérea (Y) de *Panicum maximum* cv. Aruana, quando cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Parte amostrada	Equação	R ²
1° corte		
Lâminas de folhas não expandidas	$Y = 13,5275 + 0,051976X$	0,97
Lâminas de folhas novas	$Y = 10,1280 + 0,889533X$	0,99
Lâminas de folhas velhas	$Y = 10,0288 + 0,072428X$	0,99
Colmos + bainhas	$Y = 5,2140 + 0,0849336X$	0,99
2° corte		
Lâminas de folhas não expandidas	$Y = 11,7714 + 0,038999X$	0,96
Lâminas de folhas novas	$Y = 9,6505 + 0,055996X$	0,99
Lâminas de folhas velhas	$Y = 7,8974 + 0,053431X$	0,99
Colmos + bainhas	$Y = 5,3519 + 0,053925X$	0,98
Raízes	$Y = 6,3836 + 0,035751X$	0,99

Teores mais elevados de nitrogênio total nas lâminas de folhas novas que os de lâminas de folhas velhas e colmos + bainhas de colônia, tanzânia-1 e vencedor também foram observados por Werner (1971), Abreu (1994) e Santos et al. (1995), respectivamente, quando consideraram lâminas de folhas novas as constituídas das lâminas das duas últimas folhas recém expandidas (lígula visível) mais as lâminas de folhas em aparecimento.

Os teores de nitrogênio total das lâminas de folhas não expandidas, lâminas de folhas novas, lâminas de folhas velhas e colmos + bainhas do aruana na dose zero de nitrogênio, obtidos no segundo corte, foram menores que os do primeiro corte da ordem de 26%; 7%; 16% e 18%, respectivamente. Isto provavelmente ocorreu pelo fato de a gramínea ter utilizado, na fase inicial de crescimento, do nitrogênio proveniente da mineralização do nitrogênio orgânico, à semelhança do que ocorreu para a produção de matéria seca, conforme comentado anteriormente.

As concentrações de nitrogênio total das raízes aumentaram linearmente com as doses de nitrogênio (Tabela 7), segundo a equação indicada na Tabela 8.

4.1.3.2 Concentração de nitrato

A concentração de nitrato nas quatro partes amostradas em ambos os cortes, e nas raízes, aumentou linearmente com as doses de nitrogênio aplicadas (Tabelas 9 e 10). As equações de regressão encontram-se na Tabela 11. Queiroz Filho et al. (1982) verificaram que as doses de nitrogênio propiciaram aumentos no teor de nitrato em dez gramíneas forrageiras, entre elas o *Panicum maximum* cv. Gatton, e que, com intervalos de corte de 21 dias, a *Brachiaria radicans* adubada com altas doses de nitrogênio apresentou teores de nitrato ($1,626 \text{ g kg}^{-1} \text{ N-NO}_3$) considerados tóxicos para animais.

Tabela 9. Concentração de nitrato na parte aérea proveniente do primeiro corte de *Panicum maximum* cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função de doses de nitrogênio. Médias de 4 repetições para lâminas de folhas não expandidas e 8 para as demais partes.

Dose de N	Lâminas de folhas não expandidas	Lâminas de folhas novas	Lâminas de folhas velhas	Colmos + bainhas
mg kg^{-1}	g kg^{-1}			
0	0,114	0,114	0,107	0,116
15	0,164	0,237	0,239	0,262
30	0,194	0,294	0,277	0,336
60	0,282	0,457	0,380	0,515
120	0,421	0,715	0,570	3,255
200	0,684	1,243	1,028	6,061
300	1,137	1,439	1,266	8,900
Reg. linear	**	**	**	**
Reg. quadr.	ns	ns	ns	ns
CV (%)	4,9	10,5	6,4	11,3

** e ns = significativo ao nível de 1% de probabilidade e não significativo, pelo teste F

Tabela 10. Concentração de nitrato na parte aérea e raízes proveniente do segundo corte de *Panicum maximum* cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função de doses de nitrogênio. Médias de 4 repetições para lâminas de folhas não expandidas e 8 para as demais partes.

Dose de N	Lâminas de folhas não expandidas	Lâminas de folhas novas	Lâminas de folhas velhas	Colmos + bainhas	Raízes
mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹				
0	0,104	0,116	0,106	0,116	0,149
30	0,123	0,137	0,134	0,165	0,157
60	0,209	0,369	0,286	0,374	0,209
120	0,259	0,480	0,341	0,621	0,252
210	0,388	0,645	0,587	1,454	0,294
330	0,637	0,914	1,249	4,579	0,557
450	0,981	1,239	1,760	5,476	1,060
Reg. linear	**	**	**	**	**
Reg. quadr.	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	5,3	6,1	4,6	4,5	6,7

** e ns = significativo ao nível de 1% de probabilidade. e não significativo, pelo teste F.

No primeiro crescimento desse capim (Tabela 9), nas doses de 0 a 30 mg kg⁻¹ de N, verifica-se que houve pequena variação nas concentrações de nitrato nas quatro partes amostradas. Observou-se que colmos + bainhas foi o componente da planta que apresentou as mais altas concentrações para as doses mais elevadas de nitrogênio.

Nas doses 330 e 450 mg kg⁻¹ de N, por ocasião do segundo corte, as concentrações de nitrato nas lâminas de folhas velhas do aruana, foram cerca de 1,4 vezes maiores em relação às concentrações obtidas nas lâminas de folhas novas (Tabela 10). Nesse caso, provavelmente as plantas não tiveram tempo suficiente para a assimilação completa do nitrato absorvido, uma vez que a última aplicação de nitrogênio (50 mg kg⁻¹ de N) foi realizada cinco dias antes desse corte. Esse nitrato acumula-se em organelas celulares, no denominado "pool citoplasmático", o qual não induz a atividade da redutase do nitrato (Fernandes & Rossiello, 1986).

Tabela 11. Equações de regressão relacionando doses de nitrogênio em mg kg^{-1} (X) e concentração de nitrato em g kg^{-1} nos componentes da parte aérea (Y) de *Panicum maximum* cv. Aruana, quando cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Parte amostrada	Equação	R ²
1° corte		
Lâminas de folhas não expandidas	$Y = 0,0877 + 0,003286X$	0,98
Lâminas de folhas novas	$Y = 0,1673 + 0,004591X$	0,97
Lâminas de folhas velhas	$Y = 0,1495 + 0,003891X$	0,98
Colmos + bainhas	$Y = 0,1119 + 0,031111X$	0,98
2° corte		
Lâminas de folhas não expandidas	$Y = 0,0631 + 0,001882X$	0,99
Lâminas de folhas novas	$Y = 0,1402 + 0,002432X$	0,98
Lâminas de folhas velhas	$Y = 0,0029 + 0,003703X$	0,97
Colmos + bainhas	$Y = -0,3996 + 0,012987X$	0,94
Raízes	$Y = 0,0665 + 0,001863X$	0,89

De forma semelhante ao observado no primeiro corte, colmos + bainhas do segundo corte também apresentou alta concentração de nitrato, principalmente nas doses 210, 330 e 450 mg kg^{-1} . Isto permite inferir que, em presença de maiores quantidades de nitrogênio no solo, este cultivar apresenta tendência de acumular nitrato em colmos + bainhas.

Teores mais elevados de nitrato em colmos + bainhas de tanzânia-1, em consequência da aplicação de doses de nitrogênio, também foram constatados por Abreu (1994). Crawford et al. (1961), estudando o efeito da adubação nitrogenada em aveia, também verificaram maior acúmulo de nitrato nos colmos dessa gramínea e menor nos grãos, ficando as folhas em situação intermediária.

Calculando-se os teores de nitrato na parte aérea do aruana, encontraram-se concentrações de nitrato de 0,114; 0,236; 0,294; 0,443; 1,214; 2,725 e 3,353 g kg^{-1} no primeiro corte, respectivamente para as doses de nitrogênio 0; 15; 30; 60; 120; 200 e 300 mg kg^{-1} , e concentrações de 0,128; 0,146; 0,350; 0,493; 1,026; 2,377 e 3,315 g kg^{-1} no

segundo corte para as doses 0; 30; 60; 120; 210; 330 e 450 mg kg⁻¹ de N. Crespo et al. (1980) obtiveram aumento na concentração de nitrato na parte aérea do colônio, cultivado em condições de campo, que recebeu 0; 250; 500; 750; 1000 e 1250 kg ha⁻¹ de N por ano. Estes autores comentaram que o teor de 0,7 g kg⁻¹ de N-NO₃⁻ na parte aérea dessa gramínea foi considerado como nível crítico de toxicidade para animais, enquanto 1,4 g kg⁻¹ causou perda de peso e 2,3 g kg⁻¹ resultaram em morte de animais. Já Olsen (1972) considerou que 2,0 g kg⁻¹ N-NO₃⁻ seria tóxico para bovinos, enquanto Ryan et al. (1972) citaram o nível de 1,5 g kg⁻¹ N-NO₃⁻ como potencialmente tóxico. Baseando-se nesses valores verifica-se, no primeiro corte, que somente nas doses de 0, 15, 30, 60 e 120 mg kg⁻¹ de N e, no segundo corte, nas doses de 0, 30, 60, 120 e 210 mg kg⁻¹ de N, os teores de nitrato estão abaixo desses valores considerados como prejudiciais para os animais. Talvez nas doses de 330 e 450 mg kg⁻¹ de N, por ocasião do segundo corte, o teor alto de nitrato na parte aérea do aruana tenha ocorrido devido ao pouco tempo que as plantas tiveram para assimilar o nitrato absorvido, acumulando-o em colmos + bainhas e em menor proporção nas lâminas de folhas velhas, uma vez que o último parcelamento dessa dose ocorreu cinco dias antes do corte.

A concentração de nitrato nas raízes aumentou linearmente com as doses de nitrogênio estudadas (Tabelas 10 e 11). Acréscimo de 90% na concentração de nitrato foi verificado quando se aumentou a dose de 330 para 450 mg kg⁻¹ de N. É provável que, em presença de maior quantidade de nitrogênio no solo, as raízes também possam funcionar como órgão de estocagem, embora o teor de nitrato nesse órgão tenha sido mais baixo que os encontrados nas outras partes da planta.

4.1.3.3 Estimativa do teor de clorofila

Os valores SPAD obtidos com o Chlorophyll Meter SPAD-502 nas lâminas de folhas não expandidas e nas lâminas de folhas novas e velhas, em ambos os cortes das plantas, variaram significativamente ($P < 0,01$) com as doses de nitrogênio (Tabelas 12 e 13).

Tabela 12. Valores SPAD na parte aérea proveniente do primeiro corte de *Panicum maximum* cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função de doses de nitrogênio. Médias de 8 repetições.

Dose de N	Lâminas de folhas não expandidas	Lâminas de folhas novas	Lâminas de folhas velhas
mg kg ⁻¹	valores SPAD		
0	20,6	23,6	17,8
15	25,8	28,2	20,9
30	27,0	30,3	20,8
60	31,3	32,5	23,1
120	35,2	35,2	28,3
200	36,8	38,6	28,7
300	38,2	39,7	38,0
Reg. linear	**	**	**
Reg. quadr.	**	**	ns
CV (%)	7,0	6,1	8,2

** e ns = significativo ao nível de 1% de probabilidade e não significativo, pelo teste F.

Tabela 13. Valores SPAD na parte aérea proveniente do segundo corte de *Panicum maximum* cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função de doses de nitrogênio. Médias de 8 repetições.

Dose de N	Lâminas de folhas não expandidas	Lâminas de folhas novas	Lâminas de folhas velhas
mg kg ⁻¹	valores SPAD		
0	13,4	16,0	15,2
30	20,3	23,5	18,4
60	25,9	28,8	23,3
120	28,9	34,2	31,5
210	31,8	35,6	32,7
330	33,3	40,3	38,4
450	35,3	43,2	39,7
Reg. linear	**	**	**
Reg. quadr.	**	**	**
CV (%)	7,7	5,2	6,7

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F

Os valores SPAD nas lâminas de folhas não expandidas e nas lâminas de folhas novas, do primeiro corte realizado no aruana, variaram com as doses de nitrogênio estudada, segundo um modelo quadrático (Tabela 12), atingindo valores máximos com a aplicação de 235 e 255 mg kg⁻¹ de N, respectivamente, segundo equações apresentadas na Tabela 14. As lâminas de folhas velhas tiveram seus valores linearmente aumentados com os incrementos nas doses de nitrogênio. Os valores SPAD, por ocasião deste corte, estiveram entre 20,6 e 38,2 para lâminas de folhas não expandidas; entre 23,6 e 39,7 para lâminas de folhas novas e entre 17,8 e 38,0 para as lâminas de folhas velhas. De modo geral, os mais altos valores foram obtidos para as lâminas de folhas novas, seguidas das lâminas de folhas não expandidas e, depois, das lâminas de folhas velhas. Isso pode ser explicado pela redistribuição do N das folhas velhas para as novas em plantas deficientes desse elemento. Segundo Mengel & Kirkby (1987), esta redistribuição é feita às custas da hidrólise de proteínas das folhas velhas acompanhadas de colapso dos cloroplastos e declínio do conteúdo de clorofila.

De modo geral, nesse primeiro corte, as lâminas de folhas velhas apresentaram valores SPAD, em média, 26% mais baixos que os verificados nas lâminas de folhas novas. Contudo, para a maior dose de nitrogênio estudada o valor SPAD nas lâminas de folhas velhas foi apenas 4% mais baixo que o das lâminas de folhas novas, ou seja, a mobilização do nitrogênio foi desnecessária quando o aruana encontrava-se bem suprido desse nutriente. Nas plantas que receberam essa dose observou-se, por ocasião do primeiro corte, que as lâminas de folhas velhas apresentavam-se totalmente verdes e não senescentes, o que é coerente com o elevado teor de nitrogênio total (31,46 g kg⁻¹) encontrado nesta parte amostrada.

No segundo período de crescimento, o valor SPAD, nas três partes amostradas, variou com as doses de nitrogênio segundo uma equação do segundo grau (Tabela 14), cujos pontos de máximo ocorreram com 346, 374 e 389 mg kg⁻¹ de N, respectivamente para lâminas de folhas não expandidas, lâminas de folhas novas e lâminas de folhas velhas. As lâminas de folhas não expandidas apresentaram valores entre 13,4 e 35,3, as lâminas de folhas novas entre 16,0 e 43,2 e as lâminas de folhas velhas, entre 15,2 e 39,7 de leitura SPAD (Tabela 13). De forma similar ao ocorrido no

primeiro corte, as lâminas de folhas novas também apresentaram os maiores valores SPAD.

Tabela 14. Equações de regressão relacionando doses de nitrogênio em mg kg^{-1} (X) e valores SPAD nos componentes da parte aérea (Y) de *Panicum maximum* cv. Aruana, quando cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Parte amostrada	Equação	R^2
1° corte		
Lâminas de folhas não expandidas	$Y = 22,7238 + 0,137533X - 0,000292X^2$	0,96
Lâminas de folhas novas	$Y = 25,8045 + 0,110478X - 0,000217X^2$	0,96
Lâminas de folhas velhas	$Y = 19,1804 + 0,060361X$	0,95
2° corte		
Lâminas de folhas não expandidas	$Y = 16,6595 + 0,109861X - 0,000158X^2$	0,91
Lâminas de folhas novas	$Y = 19,1353 + 0,128345X - 0,000171X^2$	0,95
Lâminas de folhas velhas	$Y = 15,8750 + 0,123057X - 0,000158X^2$	0,97

Os valores SPAD das três partes amostradas do aruana adubado com zero e 30 mg kg^{-1} de N sofreram redução, do primeiro para o segundo corte, de 35 e 21%; de 32 e 17% e de 15 e 12%, respectivamente, para lâminas de folhas não expandidas, lâminas de folhas novas e lâminas de folhas velhas, evidenciando que para essas doses o solo já não apresentava nitrogênio suficiente para garantir o segundo crescimento (Figura 2), resultando teores inadequados de nitrogênio no capim (Tabelas 6 e 7). Além disso, o capim apresentava todas as folhas cloróticas, havendo secamento da ponta para a base nas folhas velhas. Sintomas similares foram descritos por Werner (1971) para a deficiência de nitrogênio em colônia.

Ressalta-se ainda que no segundo corte, as correlações entre a produção de matéria seca da parte aérea e os valores SPAD nas lâminas de folhas não expandidas, nas lâminas de folhas novas e lâminas de folhas velhas, e entre estes valores SPAD e o nitrogênio total das respectivas partes foram significativas ($P < 0,01$) ($r = 0,95; 0,96; 0,95$;

0,90 e 0,90; 0,90, respectivamente). Correlações significativas, entre estas variáveis, também foram encontradas para milho (Schepers et al., 1992) e trigo (Follet et al., 1992 e Fox et al., 1994).

4.1.4 Níveis críticos de nitrogênio total e nítrico e estimativa do teor de clorofila

As relações entre a produção total de matéria seca da parte aérea (soma de lâminas de folhas não expandidas mais lâminas de folhas novas mais lâminas de folhas velhas mais colmos + bainhas) no primeiro e segundo cortes, e a concentração de nitrogênio total e nítrico e os valores SPAD nas diversas partes da plantas são apresentadas nas Figuras 3 a 24. Com exceção das relações entre produção de matéria seca no segundo corte e valores de leitura SPAD, realizadas nas lâminas de folhas não expandidas e lâminas de folhas novas que foram descritas por reta, os demais casos abordados seguiram modelos quadráticos.

Adotou-se o critério estabelecido por Ulrich & Hills (1973), que define o nível crítico como a concentração do nutriente que corresponde a 90% da produção máxima da cultura. Através desse conceito determinou-se o nível crítico de nitrogênio total e de nitrato para cada uma das quatro partes amostradas e o de valores SPAD para as lâminas de folhas não expandidas, lâminas de folhas novas e das velhas, para cada um dos dois cortes realizados no aruana.

Para as lâminas de folhas não expandidas, obteve-se, como nível crítico de nitrogênio total, uma concentração de 18,6 g kg⁻¹ na primeira e de 22,2 g kg⁻¹ na segunda amostragem (Figuras 3 e 4). Nas lâminas de folhas novas os valores do nível crítico foram 18,8 e 21,6 g kg⁻¹ respectivamente para o primeiro e segundo cortes (Figuras 5 e 6). O nível crítico obtido para as lâminas de folhas velhas (Figuras 7 e 8) foi de 16,8 e 19,9 g kg⁻¹ e de 13,4 e 17,8 g kg⁻¹ para os colmos + bainhas (Figuras 9 e 10), para o primeiro e segundo corte, respectivamente.

Os níveis críticos de nitrogênio total nas quatro partes amostradas foram, em geral, superiores aos tidos como adequados para o desenvolvimento do colônio por Weber & Haag (1984) que consideraram 16,2 g kg⁻¹, e por Hoffmann (1992) que obteve

13,8 g kg⁻¹ quando analisaram toda a parte aérea. Como todos os trabalhos foram realizados em casa-de-vegetação, as diferenças observadas são devidas, possivelmente, a variações nos materiais e metodologias utilizadas, com destaque para a idade, parte da planta amostrada e doses de nutrientes.

O nível crítico de nitrogênio total 18,8 g kg⁻¹, determinado nas lâminas de folhas novas do aruana por ocasião do primeiro corte está bem próximo dos 19,4 g kg⁻¹ obtido por Hoffmann (1992) para as mesmas lâminas do IZ-1, mesmo considerando-se que neste experimento as lâminas de folhas novas foram formadas pela composição da primeira e segunda lâmina das folhas com lígula visível, e naquele, pela reunião da primeira, segunda e terceira lâmina de folhas também com lígula visível.

Os valores dos níveis críticos de nitrogênio total nas lâminas de folhas novas, em ambos os cortes, foram bem próximos dos obtidos para as lâminas de folhas não expandidas, e estas duas partes apresentaram valores superiores àqueles encontrados em lâminas de folhas velhas e em colmos + bainhas. Esta superioridade pode ser explicada pelo fato do nitrogênio ser um elemento muito móvel nos tecidos das plantas, translocando-se das partes mais velhas para as mais novas (Henzell & Oxenhan, 1973a e Mengel & Kirkby, 1987).

A correlação entre a produção de matéria seca da parte aérea e as concentrações de nitrogênio total nas partes amostradas foram significativas ($P < 0,01$), e os coeficientes obtidos para o primeiro e o segundo cortes foram para lâminas de folhas não expandidas $r = 0,81$ e $0,86$; para lâminas de folhas novas $r = 0,89$ e $0,95$; para lâminas de folhas velhas $r = 0,77$ e $0,88$ e para colmos + bainhas $r = 0,56$ e $0,89$, respectivamente. Ressalta-se a obtenção de coeficientes de correlação mais elevados para lâminas de folhas novas do que para as demais partes amostradas. Além disso, as lâminas de folhas novas apresentaram concentrações de nitrogênio total mais próximas entre si nos dois cortes.

Figura 3. Relação entre a concentração de nitrogênio total (g kg⁻¹) nas lâminas de folhas não expandidas e a produção de matéria seca da parte aérea, no primeiro corte, de *Panicum maximum* cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Figura 4. Relação entre a concentração de nitrogênio total (g kg⁻¹) nas lâminas de folhas não expandidas e a produção de matéria seca da parte aérea, no segundo corte, de *Panicum maximum* cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Figura 5. Relação entre a concentração de nitrogênio total (g kg^{-1}) nas lâminas de folhas novas e a produção de matéria seca da parte aérea, no primeiro corte, de *Panicum maximum* cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Figura 6. Relação entre a concentração de nitrogênio total (g kg^{-1}) nas lâminas de folhas novas e a produção de matéria seca da parte aérea, no segundo corte, de *Panicum maximum* cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Figura 7. Relação entre a concentração de nitrogênio total (g kg⁻¹) nas lâminas de folhas velhas e a produção de matéria seca da parte aérea, no primeiro corte, de *Panicum maximum* cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Figura 8. Relação entre a concentração de nitrogênio total (g kg⁻¹) nas lâminas de folhas velhas e a produção de matéria seca da parte aérea, no segundo corte, de *Panicum maximum* cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Figura 9. Relação entre a concentração de nitrogênio total (g kg⁻¹) nos colmos + bainhas e a produção de matéria seca da parte aérea, no primeiro corte, de *Panicum maximum* cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Figura 10. Relação entre a concentração de nitrogênio total (g kg⁻¹) nos colmos + bainhas e a produção de matéria seca da parte aérea, no segundo corte, de *Panicum maximum* cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

As relações entre a produção de matéria seca total e a concentração de nitrato na matéria seca das partes amostradas do aruana, nos dois cortes, seguiram modelo quadrático (Figuras 11 a 18). A partir das equações do segundo grau foi possível determinar nível crítico de nitrato: 0,437 e 0,500 g kg⁻¹ nas lâminas de folhas não expandidas (Figuras 11 e 12), de 0,584 e 0,713g kg⁻¹ nas lâminas de folhas novas (Figuras 13 e 14), de 0,514 e 0,817 g kg⁻¹ nas lâminas de folhas velhas (Figuras 15 e 16) e 2,564 e 2,227 g kg⁻¹ nos colmos + bainhas (Figuras 17 e 18). Nota-se mais uma vez que as lâminas de folhas não expandidas e as lâminas de folhas novas apresentaram concentrações de nitrato mais próximas entre si, para cada corte.

Figura 11. Relação entre a concentração de nitrato (g kg⁻¹) nas lâminas de folhas não expandidas e a produção de matéria seca da parte aérea, no primeiro corte, de *Panicum maximum* cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Tanto no primeiro como no segundo corte foram observadas correlações significativas ($P < 0,01$) entre a produção de matéria seca e as concentrações de nitrato nas partes amostradas. Os coeficientes de correlação para o primeiro e segundo períodos

de crescimento obtidos para lâminas de folhas não expandidas foram $r = 0,76$ e $0,72$; para lâminas de folhas novas $r = 0,80$ e $0,91$; para lâminas de folhas velhas $r = 0,69$ e $0,80$ e para colmos + bainhas $r = 0,54$ e $0,67$. Dentre as partes amostradas, as lâminas de folhas novas foram as que apresentaram novamente os coeficientes de correlação mais altos. Além disso, esta parte da planta apresentou maior homogeneidade para concentração de nitrato obtida como nível crítico nas duas amostragens realizadas.

Com exceção dos colmos + bainhas, os níveis críticos de nitrato encontrados estão abaixo de $1,5$ e de $2,0 \text{ g kg}^{-1} \text{ N-NO}_3$, teores considerados tóxicos para bovinos por Ryan et al. (1972) e Olsen (1972), respectivamente.

Figura 12. Relação entre a concentração de nitrato (g kg^{-1}) nas lâminas de folhas não expandidas e a produção de matéria seca da parte aérea, no segundo corte, de *Panicum maximum* cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Figura 13. Relação entre a concentração de nitrato (g kg⁻¹) nas lâminas de folhas novas e a produção de matéria seca da parte aérea, no primeiro corte, de *Panicum maximum* cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Figura 14. Relação entre a concentração de nitrato (g kg⁻¹) nas lâminas de folhas novas e a produção de matéria seca da parte aérea, no segundo corte, de *Panicum maximum* cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Figura 15. Relação entre a concentração de nitrato (g kg⁻¹) nas lâminas de folhas velhas e a produção de matéria seca da parte aérea, no primeiro corte, de *Panicum maximum* cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Figura 16. Relação entre a concentração de nitrato (g kg⁻¹) nas lâminas de folhas velhas e a produção de matéria seca da parte aérea, no segundo corte, de *Panicum maximum* cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Figura 17. Relação entre a concentração de nitrato (g kg⁻¹) nos colmos + bainhas e a produção de matéria seca da parte aérea, no primeiro corte, de *Panicum maximum* cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Figura 18. Relação entre a concentração de nitrato (g kg⁻¹) nos colmos + bainhas e a produção de matéria seca da parte aérea, no segundo corte, de *Panicum maximum* cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Para as amostragens de lâminas de folhas não expandidas, lâminas de folhas novas e das velhas, no primeiro corte, e lâminas de folhas velhas no segundo corte do aruana, a relação entre produção de matéria seca e os valores SPAD obtidos naquelas partes seguiu modelo quadrático (Figuras 19 a 24). Mediante o emprego das equações exibidas nas Figuras 19, 21, 23 e 24 obtiveram-se os níveis críticos de valores SPAD de 29,7 para lâminas de folhas não expandidas, 32,7 para lâminas de folhas novas e 24,5 para as lâminas de folhas velhas para a primeira amostragem, e 34,8 para as lâminas de folhas velhas da segunda amostragem.

A relação entre produção de matéria seca e valores SPAD obtidos no segundo corte, para lâminas de folhas não expandidas e lâminas de folhas novas do capim seguiu uma equação do primeiro grau (Figuras 20 e 22). Nesses casos, a produção máxima de matéria seca foi calculada a partir da equação obtida para a produção de matéria seca em função das doses de nitrogênio aplicadas (Figura 2) e representou 38,38 g/vaso. Conhecendo-se os 90% dessa produção (34,54 g/vaso) e usando-se as equações das Figuras 20 e 22, pôde-se determinar o nível crítico nessas partes amostradas, os quais foram de 35,3 e 39,7 de leitura SPAD, respectivamente para lâminas de folhas não expandidas e lâminas de folhas novas.

Como descrito, os níveis críticos de leitura SPAD seriam 29,7 e 35,3 para lâminas de folhas não expandidas, 32,7 e 39,7 para lâminas de folhas novas e 24,7 e 34,8 para lâminas de folhas velhas, respectivamente para o primeiro e segundo cortes. Dentre as partes amostradas as lâminas de folhas não expandidas e as lâminas de folhas novas foram as que apresentaram menor variação nos níveis críticos de valor SPAD entre as duas amostragens, da mesma forma como verificado para os níveis críticos de nitrogênio total e de nitrato.

As correlações entre produção total de matéria seca da parte aérea e os valores SPAD nas partes amostradas de cada corte foram significativas ($P < 0,01$), sendo que os coeficientes de correlação mais elevados foram obtidos para as lâminas de folhas novas ($r = 0,85$ e $0,96$), seguidas das lâminas de folhas não expandidas ($r = 0,72$ e $0,95$) e lâminas de folhas velhas ($r = 0,69$ e $0,95$).

Figura 19. Relação entre a leitura SPAD nas lâminas de folhas não expandidas e a produção de matéria seca da parte aérea, no primeiro corte, de *Panicum maximum* cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Figura 20. Relação entre a leitura SPAD nas lâminas de folhas não expandidas e a produção de matéria seca da parte aérea, no segundo corte, de *Panicum maximum* cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Figura 21. Relação entre a leitura SPAD nas lâminas de folhas novas e a produção de matéria seca da parte aérea, no primeiro corte, de *Panicum maximum* cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Figura 22. Relação entre a leitura SPAD nas lâminas de folhas novas e a produção de matéria seca da parte aérea, no segundo corte, de *Panicum maximum* cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Figura 23. Relação entre a leitura SPAD nas lâminas de folhas velhas e a produção de matéria seca da parte aérea, no primeiro corte, de *Panicum maximum* cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Figura 24. Relação entre a leitura SPAD nas lâminas de folhas velhas e a produção de matéria seca da parte aérea, no segundo corte, de *Panicum maximum* cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

4.1.5 Concentrações de fósforo, cálcio, magnésio, potássio e enxofre nas partes amostradas

A concentração de fósforo nas lâminas das folhas velhas não variou significativamente com as doses de nitrogênio em nenhum dos cortes, mas a das lâminas de folhas novas e dos colmos + bainhas do aruana, em ambos os cortes, e das lâminas de folhas não expandidas do primeiro corte, variaram com as doses desse nutriente segundo uma equação de segundo grau enquanto que a concentração de fósforo nas lâminas de folhas não expandidas na segunda colheita decresceu linearmente com o incremento nas doses de nitrogênio (Tabelas 15 e 16), ao contrário da produção de matéria seca que aumentou (Tabelas 3 e 4).

De acordo com as equações de regressão indicadas nas Tabelas 21 e 22, os pontos de mínima concentração de fósforo foram encontrados com a aplicação de 243 mg kg^{-1} de N para as lâminas de folhas não expandidas na primeira amostragem, de 171 e 266 mg kg^{-1} de N para as lâminas de folhas novas e de 150 e 291 mg kg^{-1} de N para colmos + bainhas, respectivamente para o primeiro e segundo períodos de crescimento do capim. Esses valores estão próximos dos verificados para a máxima produção de matéria seca dessas partes, que foram de 223 mg kg^{-1} de N para as lâminas de folhas não expandidas do primeiro corte, 167 e 330 mg kg^{-1} de N para as lâminas de folhas novas e 167 e 322 mg kg^{-1} de N para os colmos + bainhas no primeiro e segundo cortes, respectivamente. Esses fatos deixam claro que a diminuição do teor de fósforo com o aumento da dose de nitrogênio deveu-se ao efeito de diluição do elemento na planta, causado pelo aumento da massa de matéria seca. A concentração de fósforo nas lâminas de folhas não expandidas do aruana também decresceu com o incremento das doses de nitrogênio na segunda colheita, porém, de forma linear (Tabela 16). Trabalhos com colônia têm demonstrado decréscimos nos teores de fósforo no tecido dessa gramínea com a aplicação de doses de nitrogênio (Mattos & Werner, 1979; Monteiro et al., 1980; Gomide & Costa, 1984 e Crespo et al., 1986).

Tabela 15. Concentrações de fósforo e cálcio na parte aérea proveniente do primeiro corte de *Panicum maximum* cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função de doses de nitrogênio. Médias de 4 repetições para lâminas de folhas não expandidas e 8 para as demais partes.

Dose de N	P				Ca			
	Lâminas de folhas não expandidas	Lâminas de folhas novas	Lâminas de folhas velhas	Colmos + bainhas	Lâminas de folhas não expandidas	Lâminas de folhas novas	Lâminas de folhas velhas	Colmos + bainhas
mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹							
0	1,75	1,87	1,12	1,34	1,95	3,51	9,41	2,39
15	1,50	1,80	1,15	1,26	2,07	3,57	10,10	2,57
30	1,45	1,71	1,16	1,27	2,17	3,74	10,31	2,59
60	1,45	1,59	1,16	1,21	2,25	4,03	10,47	2,70
120	1,35	1,52	1,14	1,09	2,32	4,25	10,71	3,10
200	1,22	1,65	1,15	1,18	2,42	4,21	11,16	3,43
300	1,20	1,69	1,13	1,32	2,42	4,11	11,90	3,50
Reg. linear	**	**	ns	**	**	**	**	**
Reg. quad.	**	**	ns	**	**	**	ns	**
CV (%)	6,2	3,7	5,1	4,1	5,2	5,8	6,8	6,1

** e ns = significativo ao nível de 1% de probabilidade e não significativo, pelo teste F.

Cabe destacar que neste experimento os teores de fósforo encontrados nas lâminas de folhas novas, mesmo no ponto de mínima concentração, estão próximos de 1,6 e 1,8 g kg⁻¹ de P, níveis considerados críticos para o IZ-1 cultivado respectivamente num Podzólico Vermelho-Amarelo distrófico por Meirelles et al. (1988) e num Latossolo Vermelho Escuro por Hoffmann (1992); esses autores consideraram lâminas de folhas novas as lâminas das primeiras, segundas e terceiras folhas expandidas e com lígula visível.

De modo geral, em ambos os cortes, as mais altas concentrações de fósforo foram verificadas nas lâminas de folhas novas e lâminas de folhas não expandidas. Esse fato está de acordo com a literatura, que caracteriza o fósforo como elemento móvel no floema, podendo translocar-se das folhas velhas para as folhas novas ou em crescimento.

Tabela 16. Concentrações de fósforo e cálcio na parte aérea proveniente do segundo corte de *Panicum maximum* cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função de doses de nitrogênio. Médias de 4 repetições para lâminas de folhas não expandidas e 8 para as demais partes.

Dose de N	P				Ca			
	Lâminas de folhas não expandidas	Lâminas de folhas novas	Lâminas de folhas velhas	Colmos + bainhas	Lâminas de folhas não expandidas	Lâminas de folhas novas	Lâminas de folhas velhas	Colmos + bainhas
mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹							
0	2,07	1,93	1,10	1,56	2,10	4,91	8,38	3,61
30	2,20	1,86	0,97	1,29	2,27	4,40	8,12	3,18
60	1,62	1,75	0,96	1,19	2,45	4,62	8,61	3,22
120	1,57	1,75	0,95	1,00	2,57	4,92	9,10	3,27
210	1,55	1,72	0,92	1,01	2,70	5,11	9,56	3,48
330	1,52	1,76	0,93	1,03	2,80	5,35	10,30	3,87
450	1,52	1,77	0,97	1,00	2,82	5,78	11,00	4,30
Reg. linear	**	**	ns	**	**	**	**	**
Reg. quad.	ns	**	ns	**	ns	ns	ns	ns
CV (%)	7,3	4,9	5,0	7,0	7,7	8,1	5,5	8,7

** e ns = significativo ao nível de 1% de probabilidade e não significativo, pelo teste F.

A concentração de cálcio nas lâminas de folhas não expandidas, nas lâminas de folhas novas e nos colmos + bainhas, na primeira amostragem, variou em função das doses de nitrogênio, de acordo com uma equação de segundo grau (Tabelas 15). Os pontos de máxima concentração de cálcio, de acordo com essas equações (Tabela 21), foram obtidos com a aplicação de 230 e 194 mg kg⁻¹ de N para as lâminas de folhas não expandidas e lâminas de folhas novas. Para os colmos + bainhas, entretanto, a máxima concentração desse elemento ocorreria com aplicação de 309 mg kg⁻¹ de N, portanto, além da máxima dose de nitrogênio aplicada na primeira fase de crescimento da forrageira. A concentração de cálcio nas lâminas de folhas velhas do primeiro corte (Tabela 15), e nas quatro partes amostradas do aruana, por ocasião do segundo corte, aumentou linearmente com as doses de nitrogênio (Tabelas 16).

Resultados de pesquisa com colônia têm mostrado que aplicações de

nitrogênio não alteram significativamente os teores de cálcio nessa gramínea (Crespo et al., 1986 e Alvim et al., 1990), ou causam sua redução (Mattos & Werner, 1979 e Monteiro et al., 1980).

Os aumentos nas concentrações de cálcio verificados em ambos os cortes e nas quatro partes da planta, com as doses de nitrogênio, podem ser atribuídos à necessidade da planta em manter o equilíbrio interno entre cátions e ânions. Essa hipótese fundamenta-se no fato de o teor de nitrato na planta ter aumentado consideravelmente com as doses de nitrogênio (Tabelas 9 e 10). Segundo Mengel & Kirkby (1987), aumentos nas concentrações de cátions da planta, principalmente de cálcio, foram observados quando as mesmas tinham o suprimento de nitrogênio na forma nítrica. Embora, neste experimento, o nitrogênio foi suprido nas duas formas, os altos teores de nitrato nas partes amostradas e nas doses mais elevadas de nitrogênio, justificam os aumentos nas concentrações de cálcio.

De modo geral, o teor de cálcio nas partes amostradas da gramínea, em ambos os cortes, apresentou-se mais elevado nas lâminas de folhas velhas, seguidas das lâminas de folhas novas, dos colmos + bainhas e das lâminas de folhas não expandidas, confirmando a pouca mobilidade desse nutriente na planta (Malavolta, 1980 e Mengel & Kirkby, 1987).

Malavolta et al. (1974) consideraram adequada para o crescimento normal do colônio uma concentração de $4,0 \text{ g kg}^{-1}$ de Ca nas lâminas de folhas novas. Pelas Tabelas 15 e 16, verifica-se que esse valor, de maneira geral, é muito semelhante aos encontrados nas mesmas folhas do aruana, em ambos os cortes.

Os teores de magnésio na parte aérea do aruana variaram de forma quadrática com a aplicação de N, em ambos os cortes, com exceção nas lâminas de folhas não expandidas, no segundo corte, onde o efeito não foi significativo ($P > 0,05$) (Tabelas 17 e 18). As máximas concentrações de magnésio para a primeira amostragem ocorreram com a aplicação de 221, 136, 300 e 195 mg kg^{-1} de N, respectivamente para lâminas de folhas não expandidas, lâminas de folhas novas, lâminas de folhas velhas e colmos + bainhas, e para a segunda amostragem, com a adição de 311, 264 e 243 mg kg^{-1} de N para lâminas de folhas novas, lâminas de folhas velhas e colmos + bainhas.

Estes resultados diferem dos encontrados, em condições de campo, por Zago & Gomide (1982) e por Crespo et al. (1986), que não constatarem efeito da adubação nitrogenada nos teores de magnésio nos tecidos do colônio, demonstrando que condições experimentais podem exercer influência decisiva na composição química das plantas.

De modo geral, os teores de magnésio na planta por ocasião do segundo corte (Tabela 18), foram mais baixos que os verificados após o primeiro período de crescimento (Tabela 17), talvez devido ao efeito de diluição proporcionado pela maior produção de matéria seca no segundo e, também, pela remoção deste elemento do solo através da produção de matéria seca do primeiro corte, o que teria diminuído a disponibilidade do magnésio (Tabela 1).

Considerando-se o teor de $2,0 \text{ g kg}^{-1}$ de Mg na parte aérea como sendo adequado para o colônio (Malavolta et al., 1974) constata-se que as plantas tiveram suas necessidades supridas em relação a esse macronutriente.

Tabela 17. Concentrações de magnésio e potássio na parte aérea proveniente do primeiro corte de *Panicum maximum* cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função de doses de nitrogênio. Médias de 4 repetições para lâminas de folhas não expandidas e 8 para as demais partes.

Dose de N mg kg ⁻¹	Mg				K			
	Lâminas de folhas não expandidas	Lâminas de folhas novas	Lâminas de folhas velhas	Colmos + bainhas	Lâminas de folhas não expandidas	Lâminas de folhas novas	Lâminas de folhas velhas	Colmos + bainhas
	g kg ⁻¹							
0	1,08	1,90	4,15	2,15	20,15	11,58	4,70	30,48
15	1,22	2,15	4,13	2,48	18,90	10,26	3,58	27,18
30	1,38	2,50	4,56	2,61	16,77	8,33	2,92	21,31
60	1,40	2,81	4,68	2,85	15,65	7,70	2,70	15,76
120	1,68	2,82	4,60	3,29	15,20	7,44	2,41	15,71
200	1,55	2,36	4,33	3,14	13,95	7,54	2,29	15,66
300	1,65	2,13	4,12	3,04	14,60	11,38	5,54	19,51
Reg. linear	**	**	**	**	**	**	**	**
Reg. quad.	**	**	**	**	**	**	**	**
CV (%)	5,5	6,0	4,7	4,4	4,9	6,9	6,5	5,0

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

A variação do teor de potássio nas quatro partes do aruana em função das doses de N e para ambos os cortes, ajustou-se à componente quadrática, com exceção dos teores obtidos nas lâminas de folhas não expandidas, por ocasião do segundo corte, cujo efeito foi linear positivo (Tabelas 17 e 18). Os pontos de mais baixa concentração de potássio foram atingidos com as doses de 206 mg kg⁻¹ de N para lâminas de folhas não expandidas, 144 mg kg⁻¹ de N para lâminas de folhas novas, 134 mg kg⁻¹ de N para lâminas de folhas velhas e com 176 mg kg⁻¹ de N para colmos + bainhas do primeiro corte, e com 384, 301 e 372 mg kg⁻¹ de N para as lâminas de folhas novas, lâminas de folhas velhas e colmos + bainhas do segundo corte, de acordo com as equações apresentadas nas Tabelas 21 e 22. Como esses valores são bem próximos daqueles encontrados para a máxima produção de matéria seca de cada parte amostrada, pode-se inferir que o decréscimo observado nos teores de potássio da planta, com a adição de nitrogênio, foi causada pelo efeito de diluição. Decréscimos semelhantes em gramíneas forrageiras foram constatados por Griffith et al. (1964), CIAT (1981), Monteiro et al. (1980), Cook & Mulder (1984) e Carvalho & Saraiva (1987).

De modo geral, nas Tabelas 17 e 18 verificou-se que as lâminas de folhas não expandidas apresentaram maior concentração de potássio que as lâminas de folhas novas e as lâminas de folhas velhas, em ambos os cortes. Isto está em concordância com o fato de o potássio ser um nutriente móvel no floema, translocando-se com facilidade das partes mais velhas de plantas para as mais novas (Mengel & Kirkby, 1987).

Considerando-se os teores de potássio nas lâminas de folhas novas das plantas no primeiro e segundo corte, verificou-se que estão bem abaixo de 18,4 g kg⁻¹ de K, valor encontrado por Werner (1971), nas lâminas de folhas novas do colônio cultivado em solução nutritiva na presença de potássio.

Calculando-se o teor de potássio em toda a parte aérea (soma das partes amostradas) do aruana por ocasião do primeiro corte (18,4; 19,9; 16,5; 11,7; 10,7; 13,3 e 12,7 g kg⁻¹ de K, respectivamente para as doses 0, 15, 30, 60, 120, 200 e 300 mg kg⁻¹ de N) e para o segundo corte (23,5; 19,4; 16,3; 15,7; 13,4; 13,3 e 13,2 g kg⁻¹ de K, respectivamente para as doses de 0, 30, 60, 120, 210, 330 e 450 mg kg⁻¹ de N, médias de 8 repetições) verificou-se que, a partir da quarta e quinta dose de nitrogênio aplicada,

respectivamente para o primeiro e segundo cortes, os teores estão abaixo dos $14,6 \text{ g kg}^{-1}$ de K considerados como nível crítico na parte aérea do IZ-1 cortado aos 46 dias de crescimento por Hoffmann (1992), e abaixo dos $15,0 \text{ g kg}^{-1}$ de K do colonião cortado aos 60 dias obtidos por Vicente-Chandler et al. (1962). Neste último caso, o nível crítico coincidia com as maiores produções dessa gramínea, sugerindo que, neste experimento, nas doses mais elevadas de nitrogênio, houve limitação de potássio para o adequado desenvolvimento do aruana.

Tabela 18. Concentrações de magnésio e potássio na parte aérea proveniente do segundo corte de *Panicum maximum* cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função de doses de nitrogênio. Médias de 4 repetições para lâminas de folhas não expandidas e 8 para as demais partes.

Dose de N mg kg^{-1}	Mg				K			
	Lâminas de folhas não expandidas	Lâminas de folhas novas	Lâminas de folhas velhas	Colmos + bainhas	Lâminas de folhas não expandidas	Lâminas de folhas novas	Lâminas de folhas velhas	Colmos + bainhas
	g kg^{-1}							
0	1,10	1,32	1,94	2,50	24,80	18,58	17,38	22,85
30	1,12	1,46	2,81	2,67	23,80	16,71	11,52	23,62
60	1,13	1,72	3,20	2,84	23,50	12,84	10,91	18,94
120	1,10	1,89	3,65	2,82	23,30	12,48	9,70	18,36
210	1,07	2,19	3,95	3,00	22,60	10,34	7,89	16,92
330	1,13	1,95	3,94	2,88	22,10	8,92	5,46	16,02
450	1,08	2,00	3,16	2,70	21,15	7,90	3,04	15,26
Reg. linear	ns	**	**	**	**	**	**	**
Reg. quad.	ns	**	**	**	ns	**	**	**
CV (%)	7,1	6,3	6,5	6,8	3,0	4,6	5,2	4,6

** e ns = significativo ao nível de 1% de probabilidade e não significativo, pelo teste F.

Em ambas as amostragens constatou-se que a concentração de enxofre aumentou linearmente com as doses de nitrogênio estudadas, para lâminas de folhas não expandidas, lâminas de folhas velhas e colmos + bainhas, no primeiro corte, e para as

lâminas de folhas não expandidas, lâminas de folhas novas e lâminas das folhas velhas no segundo corte (Tabelas 19 e 20). Para lâminas de folhas novas, na primeira amostragem, e colmos + bainhas, no segundo corte, a concentração variou de forma quadrática com as doses de nitrogênio, atingindo valor máximo nas lâminas de folhas novas com a aplicação de 298 mg kg^{-1} de N e mínimo nos colmos + bainhas com a adição de 410 mg kg^{-1} de N, conforme equações apresentadas nas Tabelas 21 e 22.

Os aumentos nas concentrações de enxofre nas lâminas de folhas não expandidas e nas lâminas de folhas novas e velhas, em ambas as amostragens, com as doses de nitrogênio, possivelmente ocorreram devido à maior necessidade desse elemento pelas plantas que apresentaram maior teor de nitrogênio total, uma vez que, segundo Mengel & Kirkby (1987) o enxofre tem papel fundamental no metabolismo do nitrogênio e na síntese de proteínas.

As concentrações de enxofre nas lâminas de folhas novas do aruana, em ambos os cortes, situaram-se acima do nível crítico de $1,0 \text{ g kg}^{-1}$ de S estabelecido por Hoffmann (1992) para as lâminas de folhas novas do IZ-1 e próximo do $1,5 \text{ g kg}^{-1}$ de S obtido por Werner (1971) para lâminas de folhas novas do colônio cultivado em solução nutritiva com bom suprimento de enxofre. Também estão acima da faixa de 0,7 a $1,1 \text{ g kg}^{-1}$ tida como crítica por Smith & Siregar (1983) para várias gramíneas forrageiras, entre as quais o *Panicum maximum* variedade *trichoglume*.

Em ambas as amostragens a concentração de enxofre, de modo geral, foi mais elevada nas lâminas de folhas velhas do que nas lâminas de folhas novas e lâminas de folhas não expandidas. Esta observação está de acordo com a de Mengel & Kirkby (1987) de que o enxofre não é prontamente móvel no interior das plantas.

Tabela 19. Concentrações de enxofre na parte aérea proveniente do primeiro corte de *Panicum maximum* cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função de doses de nitrogênio. Médias de 4 repetições para lâminas de folhas não expandidas e 8 para as demais partes

Dose de N	Lâminas de folhas não expandidas	Lâminas de folhas novas	Lâminas de folhas velhas	Colmos + bainhas
mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹			
0	1,37	1,36	2,33	2,27
15	1,50	1,43	2,47	2,18
30	1,50	1,49	2,46	2,18
60	1,62	1,72	2,53	2,27
120	1,72	1,92	2,57	2,07
200	1,75	2,42	2,81	1,86
300	1,85	2,38	3,21	1,76
Reg. linear	**	**	**	**
Reg. quad.	ns	**	ns	ns
CV (%)	6,8	6,5	5,9	4,9

** e ns = significativo ao nível de 1% de probabilidade e não significativo, pelo teste F.

Tabela 20. Concentrações de enxofre na parte aérea proveniente do segundo corte de *Panicum maximum* cv. Aruana, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função de doses de nitrogênio. Médias de 4 repetições para lâminas de folhas não expandidas e 8 para as demais partes

Dose de N	Lâminas de folhas não expandidas	Lâminas das folhas novas	Lâminas das folhas velhas	Colmos + bainhas
mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹			
0	1,15	1,08	1,21	3,05
30	1,27	1,28	1,38	2,43
60	1,37	1,50	1,62	2,53
120	1,42	1,57	1,96	2,48
210	1,45	1,58	2,13	1,72
330	1,60	1,08	2,53	1,85
450	2,05	1,28	2,83	1,62
Reg. linear	**	**	**	**
Reg. quad.	ns	ns	ns	**
CV (%)	7,8	7,4	6,2	7,1

** e ns = significativo ao nível de 1% de probabilidade e não significativo, pelo teste F.

Tabela 21. Equações de regressão relacionando doses de nitrogênio em mg kg^{-1} (X) e concentrações de nutrientes (g kg^{-1}) (Y) nos componentes da parte aérea de *Panicum maximum* cv. Aruana, no primeiro corte, quando cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Parte amostrada	Equação	R ²
Concentração de fósforo		
Lâminas de folhas não expandidas	$Y = 1,6281 - 0,003415X + 0,000007X^2$	0,86
Lâminas de folhas novas	$Y = 1,8277 - 0,003420X + 0,000010X^2$	0,76
Colmos + bainhas	$Y = 1,3272 - 0,002700X + 0,000009X^2$	0,88
Concentração de cálcio		
Lâminas de folhas não expandidas	$Y = 2,0125 + 0,003831X - 0,000008X^2$	0,95
Lâminas de folhas novas	$Y = 3,5164 + 0,008245X - 0,000021X^2$	0,95
Lâminas de folhas velhas	$Y = 9,8517 + 0,006930X$	0,91
Colmos + bainhas	$Y = 2,0125 + 0,003831X - 0,000008X^2$	0,95
Concentração de magnésio		
Lâminas de folhas não expandidas	$Y = 1,1559 + 0,004872X - 0,000011X^2$	0,86
Lâminas de folhas novas	$Y = 2,1064 + 0,009112X - 0,000031X^2$	0,87
Lâminas de folhas velhas	$Y = 4,2404 + 0,005370X - 0,000019X^2$	0,80
Colmos + bainhas	$Y = 2,2689 + 0,010921X - 0,000028X^2$	0,93
Concentração de potássio		
Lâminas de folhas não expandidas	$Y = 19,3434 - 0,055464X + 0,000134X^2$	0,90
Lâminas de folhas novas	$Y = 10,8456 - 0,056076X + 0,000194X^2$	0,89
Lâminas de folhas velhas	$Y = 4,2821 - 0,034420X + 0,000128X^2$	0,93
Colmos + bainhas	$Y = 28,1451 - 0,170179X + 0,000482X^2$	0,84
Concentração de enxofre		
Lâminas de folhas não expandidas	$Y = 1,4722 + 0,001405X$	0,95
Lâminas de folhas novas	$Y = 1,3187 + 0,007399X - 0,000012X^2$	0,97
Lâminas de folhas velhas	$Y = 2,3608 + 0,002620X$	0,97
Colmos + bainhas	$Y = 2,2705 - 0,001750X$	0,92

Tabela 22. Equações de regressão relacionando doses de nitrogênio em mg kg^{-1} (X) e concentrações de nutrientes (g kg^{-1}) (Y) nos componentes da parte aérea de *Panicum maximum* cv. Aruana, no segundo corte, quando cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico

Parte amostrada	Equação	R ²
Concentração de fósforo		
Lâminas de folhas não expandidas	$Y = 1,9974 - 0,001984X$	0,78
Lâminas de folhas novas	$Y = 1,8944 - 0,001600X + 0,000003X^2$	0,85
Colmos + bainhas	$Y = 1,4360 - 0,003500X + 0,000006X^2$	0,82
Concentração de cálcio		
Lâminas de folhas não expandidas	$Y = 2,2801 + 0,001470X$	0,81
Lâminas de folhas novas	$Y = 4,6163 + 0,002196X$	0,81
Lâminas de folhas velhas	$Y = 8,2288 + 0,006259X$	0,98
Colmos + bainhas	$Y = 3,2114 + 0,002069X$	0,73
Concentração de magnésio		
Lâminas de folhas novas	$Y = 1,3559 + 0,004365X - 0,000007X^2$	0,91
Lâminas de folhas velhas	$Y = 2,2217 + 0,014836X - 0,000028X^2$	0,94
Colmos + bainhas	$Y = 2,5635 + 0,003415X - 0,000007X^2$	0,88
Concentração de potássio		
Lâminas de folhas não expandidas	$Y = 24,2210 - 0,006914X$	0,94
Lâminas de folhas novas	$Y = 17,6148 - 0,049818X + 0,000064X^2$	0,93
Lâminas de folhas velhas	$Y = 14,8253 - 0,074555X - 0,000123X^2$	0,80
Colmos + bainhas	$Y = 22,9858 - 0,041482X + 0,000055X^2$	0,89
Concentração de enxofre		
Lâminas de folhas não expandidas	$Y = 1,1937 + 0,001641X$	0,90
Lâminas de folhas novas	$Y = 1,2693 + 0,001522X$	0,85
Lâminas de folhas velhas	$Y = 1,3583 + 0,003493X$	0,96
Colmos + bainhas	$Y = 2,8782 - 0,005986X + 0,000007X^2$	0,86

4.2 Experimento com *Panicum maximum* Jacq. cv. Mombaça

4.2.1 Propriedades químicas das terras

Ao final do período de incubação do solo e antes do plantio da gramínea os resultados das análises químicas das amostras de terra retiradas nesta ocasião foram: pH (CaCl₂) = 4,9, M.O. = 20 g dm⁻³, P = 3 mg dm⁻³, K⁺ = 0,2 mmol_c dm⁻³, Ca⁺⁺ = 23 mmol_c dm⁻³, Mg⁺⁺ = 7 mmol_c dm⁻³, H + Al = 30 mmol_c dm⁻³, SB = 30,2 mmol_c dm⁻³ e T = 60,2 mmol_c dm⁻³, V = 50% e N-NO₃⁻ = 26,1 mg kg⁻¹. A correção do solo, através da aplicação dos óxidos de cálcio e de magnésio, resultou em aumentos no pH, nos teores de cálcio e magnésio trocáveis e, conseqüentemente, na soma de bases trocáveis e na porcentagem de saturação por bases; por outro lado, houve redução no teor de hidrogênio + alumínio trocável. A incubação proporcionou também a mineralização do nitrogênio, aumentando em cerca de 65% o teor de nitrato (de 15,9 para 26,1 mg kg⁻¹ N-NO₃).

A análise das amostras de terra coletadas ao final do experimento permitiu verificar, conforme mostra a Tabela 23, efeitos significativos (P<0,01) e lineares das doses de nitrogênio, as quais diminuíram o teor de fósforo extraível e aumentaram a soma de hidrogênio + alumínio e a capacidade de troca de cátions. Por sua vez, o potássio, o cálcio e o magnésio trocáveis, a soma de bases e a porcentagem de saturação por bases e os teores de nitrato variaram segundo equação de segundo grau (Tabela 24).

As diminuições observadas nos teores de P-resina e de potássio, cálcio e magnésio trocáveis com o aumento da dose de nitrogênio podem ser atribuídas à maior extração desses nutrientes pelas plantas à medida que seu desenvolvimento foi estimulado pela aplicação do nitrogênio, o que também se refletiu em aumentos no hidrogênio + alumínio trocáveis diminuições na soma de bases trocáveis, na saturação por bases e no pH (Tabela 23).

Tabela 23. Alterações nas propriedades químicas de amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, tratadas com diferentes doses de nitrogênio e cultivadas com *Panicum maximum* Jacq. cv. Mombaça por 63 dias.

Dose de N	M.O	pH CaCl ₂	P	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	H+Al	SB	T	V	N-NO ₃ ⁻¹
mg kg ⁻¹	g dm ⁻³		mg dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³						%	mg kg ⁻¹
0	18,0	4,6	22	4,5	20	6	41	30	71	43	5
20	20,8	4,4	25	2,8	18	4	44	24	68	36	6
40	21,4	4,1	21	1,9	14	4	54	20	73	27	9
80	21,0	3,9	19	1,3	11	4	57	16	74	22	12
160	21,2	3,9	18	1,0	9	3	62	13	75	18	30
280	21,0	3,8	15	0,9	7	3	72	11	83	14	47
400	21,3	3,8	15	0,8	7	3	70	12	83	14	85
Reg. linear	ns	**	**	**	**	**	**	**	*	**	**
Reg. quad.	ns	**	ns	**	**	**	ns	**	ns	**	**
CV(%)	10,3	3,0	10,1	13,4	12,1	11,9	16,5	10,3	10,5	10,2	9,2

** e ns = significativo ao nível de 1% de probabilidade e não significativo, pelo teste F

Tabela 24. Equações de regressão relacionando doses de nitrogênio aplicadas, em mg kg⁻¹ de N (X) e propriedades químicas de amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, tratadas com diferentes doses de nitrogênio e cultivadas com *Panicum maximum* Jacq. cv. Mombaça por 63 dias.

Propriedades químicas	Equação	R ²
pH (CaCl ₂)	$Y = 4,4742 - 0,005169X + 0,000009X^2$	0,81
P	$Y \text{ (mg dm}^{-3}\text{)} = 22,4253 - 0,022170X$	0,86
K ⁺	$Y \text{ (mmol}_c\text{ dm}^{-3}\text{)} = 3,4166 - 0,022861X + 0,000042X^2$	0,79
Ca ⁺⁺	$Y \text{ (mmol}_c\text{ dm}^{-3}\text{)} = 18,7303 - 0,089249X + 0,000158X^2$	0,94
Mg ⁺⁺	$Y \text{ (mmol}_c\text{ dm}^{-3}\text{)} = 4,6450 - 0,014823X + 0,000028X^2$	0,89
H+Al	$Y \text{ (mmol}_c\text{ dm}^{-3}\text{)} = 47,1116 + 0,071523X$	0,87
SB	$Y \text{ (mmol}_c\text{ dm}^{-3}\text{)} = 26,6947 - 0,124632X + 0,000223X^2$	0,90
T	$Y \text{ (mmol}_c\text{ dm}^{-3}\text{)} = 70,3871 + 0,035564X$	0,89
V	$Y(\%) = 38,9618 - 0,197369X + 0,000351X^2$	0,91
N-NO ₃ ⁻	$Y \text{ (mg kg}^{-1}\text{)} = 4,9210 + 0,084140X + 0,000283X^2$	0,99

4.2.2 Produção de matéria seca e número de perfilhos

A produção de matéria seca proveniente da parte aérea do mombaça variou significativamente ($P < 0,01$) com as doses de nitrogênio aplicadas, segundo modelo quadrático, revelando pontos de máximo com o emprego de 147 e 294 mg kg⁻¹ de N, respectivamente para o primeiro e segundo períodos de crescimento (Figuras 25 e 26). Efeitos expressivos do nitrogênio na produção de matéria seca de *Panicum maximum* foram relatados por Vicente-Chandler (1973), Crespo et al. (1980), Gomide et al. (1984), Hoffmann (1992), entre outros.

Verifica-se, na Figura 25, que a produção de matéria seca da parte aérea durante o primeiro período de crescimento do mombaça adubado com a dose máxima de 300 mg kg⁻¹ de N foi menor que as obtidas com as demais doses. Provavelmente isto ocorreu devido ao efeito de salinidade no solo causado pelo nitrato de amônio, talvez agravado pelo fato de ter sido aplicado em dose única de 300 mg kg⁻¹ de N e de ter sido feita adubação básica com outros sais. No segundo período de crescimento este efeito não se manifestou mesmo quando se empregou a maior dose de nitrogênio (400 mg kg⁻¹ de N), provavelmente pelo fato de ter havido remoção dos sais do solo através da absorção pelas plantas durante o primeiro período, bem como o parcelamento da quantidade aplicada.

A produção de matéria seca da parte aérea do segundo corte (Figura 26), na dose zero de nitrogênio, foi 1,3 vezes menor que a do primeiro corte (Figura 25). Provavelmente isso se explique pela maior disponibilidade do nitrogênio às plantas no primeiro período, proveniente da mineralização da matéria orgânica durante o manuseio e a incubação do solo, e pelo fato de não se ter reaplicado esse nutriente após o primeiro corte. Isto deixa evidente, mais uma vez, que para assegurar e manter a boa produtividade de pastagens é necessário a realização de adubações nitrogenadas frequentes, como destacou Werner (1986).

Figura 25. Produção de matéria seca no primeiro corte (28 dias após a semeadura) da parte aérea de *Panicum maximum* cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função de doses de nitrogênio.

Figura 26. Produção de matéria seca no segundo corte (35 dias após o primeiro corte) da parte aérea de *Panicum maximum* cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função de doses de nitrogênio.

A produção de matéria seca das quatro partes amostradas do mombaça, em ambos os cortes, variou significativamente ($P < 0,01$) e de forma quadrática com as doses de nitrogênio (Tabelas 25 e 26). As produções máximas no primeiro corte foram obtidas com a aplicação de 155; 140; 127 e 144 mg kg^{-1} de N e, no segundo corte, com 360; 303; 278 e 277 mg kg^{-1} de N, respectivamente para lâminas de folhas não expandidas, lâminas de folhas novas, lâminas de folhas velhas e colmos + bainhas, conforme equações listadas na Tabela 27.

Tabela 25. Produção de matéria seca no primeiro corte (28 dias após a semeadura) de diferente componentes da parte aérea e número de perfilhos de *Panicum maximum* cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função de doses de nitrogênio. Médias de 8 repetições.

Dose de N	Lâminas de folhas não expandidas	Lâminas de folhas novas	Lâminas de folhas velhas	Colmos + bainhas	Perfilhos
mg kg^{-1}	g/vaso				$\text{n}^{\circ}/\text{vaso}$
0	0,94	3,45	0,63	2,08	14
15	1,56	3,85	0,70	2,67	16
30	2,02	4,62	0,74	3,02	18
60	3,49	4,87	0,74	3,82	20
120	3,59	4,98	0,80	3,39	19
200	3,04	4,63	0,75	3,32	18
300	1,67	3,46	0,55	2,29	16
Reg. linear	**	**	**	**	**
Reg. quadr.	**	**	**	**	**
CV (%)	5,4	8,2	12,0	5,4	7,9

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F

As maiores contribuições para a produção de matéria seca da parte aérea no primeiro corte, em ordem decrescente, foram das lâminas de folhas novas (42%), dos colmos + bainhas (29%); das lâminas de folhas não expandidas (22%) e das lâminas de folhas velhas (7,0%), e, para o segundo corte, dos colmos + bainhas (43%), das lâminas de folhas novas (34%); das lâminas de folhas velhas (12%) e das lâminas de folhas não

expandidas (11%). Resultado semelhante foi obtido por Abreu (1994) quando cultivou o tanzânia-1 em solução nutritiva, na presença de doses de nitrato. A maior participação dos colmos + bainhas na produção de matéria seca da parte aérea no segundo corte do mombaça, pode ser explicada pelas mesmas razões apresentadas para o aruana (item 4.1.2).

Na Tabela 26, verificou-se que a máxima produção de matéria seca das raízes do mombaça foi obtida com a aplicação de 224 mg kg^{-1} de N. Essa dose foi equivalente à obtida por Corrêa (1996) para o colômbio e o vencedor.

Tabela 26. Produção de matéria seca no segundo corte (35 dias após o primeiro corte) de diferentes componentes da parte aérea, raízes e número de perfilhos de *Panicum maximum* cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função de doses de nitrogênio. Médias de 8 repetições.

Dose de N	Lâminas de folhas não expandidas	Lâminas de folhas novas	Lâminas de folhas velhas	Colmos + bainhas	Raízes	Perfilhos
mg kg^{-1}			g/vaso			$\text{n}^{\circ}/\text{vaso}$
0	0,39	0,98	0,40	1,77	3,44	14
20	1,22	3,31	0,94	4,38	6,84	20
40	1,25	5,02	1,86	6,49	9,91	24
80	2,29	8,04	3,08	9,99	12,86	29
160	3,29	11,17	3,68	12,07	14,60	30
280	4,35	12,01	3,64	12,96	12,84	31
400	4,60	12,73	3,74	12,52	10,07	31
Reg. linear	**	**	**	**	**	**
Reg. quadr.	**	**	**	**	**	**
CV (%)	4,0	3,8	9,6	3,6	4,2	13,6

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F

O número de perfilhos, em ambos os cortes, foi significativamente ($P < 0,01$) influenciado pelas doses de nitrogênio (Tabelas 25 e 26), aumentando até a dose de 149 e 268 mg kg^{-1} de N, respectivamente para o primeiro e segundo períodos de crescimentos, cujas equações são mostradas na Tabela 27. Constatou-se que o número

máximo de perfilhos ocorreu praticamente nas mesmas doses de nitrogênio que resultaram as produções máximas de matéria seca, do primeiro e segundo cortes.

No primeiro corte, o número médio de perfilhos foi menor que o verificado no segundo, o que pode ser atribuído ao fato de a planta se apresentar em fase de estabelecimento e de formação do sistema radicular. Considerou-se, ainda, a presença de gemas (cerca de 1 a 3 por perfilho) que foram mantidas por ocasião do primeiro corte.

O efeito positivo do nitrogênio verificado no número de perfilhos confirmou a importância desse nutriente no estabelecimento das pastagens. Resultados semelhantes foram encontrados por Monteiro & Werner (1977), Abreu (1994) e Corrêa (1996) para cultivares de *Panicum maximum* quando submetidos a doses de nitrogênio no meio de crescimento.

Tabela 27. Equações de regressão relacionando doses de nitrogênio em mg kg^{-1} (X) e produção de matéria seca em gramas por vaso dos componentes da parte aérea, raízes e número de perfilhos por vaso (Y) de *Panicum maximum* cv. Mombaça, quando cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Parte amostrada	Equação	R ²
1° corte		
Lâminas de folhas não expandidas	$Y = 1,1968 + 0,032687X - 0,000105X^2$	0,87
Lâminas de folhas novas	$Y = 3,7198 + 0,019135X - 0,000068X^2$	0,87
Lâminas de folhas velhas	$Y = 0,6544 + 0,002277X - 0,000009X^2$	0,97
Colmos + bainhas	$Y = 2,4230 + 0,017599X - 0,000061X^2$	0,77
Perfilhos	$Y = 15,6384 + 0,051649X - 0,000173X^2$	0,67
2° corte		
Lâminas de folhas não expandidas	$Y = 0,5498 + 0,022380X - 0,000031X^2$	0,99
Lâminas de folhas novas	$Y = 1,8539 + 0,075828X - 0,000125X^2$	0,97
Lâminas de folhas velhas	$Y = 0,7054 + 0,025640X - 0,000046X^2$	0,92
Colmos + bainhas	$Y = 2,9236 + 0,081354X - 0,000147X^2$	0,95
Raízes	$Y = 5,3075 + 0,089448X - 0,000199X^2$	0,84
Perfilhos	$Y = 17,2214 + 0,122841X - 0,000229X^2$	0,86

4.2.3 Concentração de nitrogênio total, nitrato e clorofila na planta

4.2.3.1 Concentração de nitrogênio total

As doses de nitrogênio estudadas resultaram efeitos significativos ($P < 0,01$) na concentração de nitrogênio total das quatro partes amostradas do mombaça, em ambos os cortes. As concentrações de nitrogênio total nas partes amostradas foram linearmente incrementadas com as doses de nitrogênio, tanto no primeiro (Tabela 28) como no segundo cortes (Tabela 29). Aumentos na concentração de nitrogênio total de *Panicum maximum* com adubação nitrogenada foram verificados nos experimentos de Vicente-Chandler (1973), Monteiro & Werner (1977), Mattos & Werner (1979), Brunett et al. (1990) e Hoffmann (1992).

Tabela 28. Concentração de nitrogênio total na parte aérea proveniente do primeiro corte de *Panicum maximum* cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função de doses de nitrogênio. Médias de 4 repetições para lâminas de folhas não expandidas e lâminas de folhas velhas e 8 para as demais partes.

Dose de N	Lâminas de folhas não expandidas	Lâminas de folhas novas	Lâminas de folhas velhas	Colmos + bainhas
mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹			
0	12,85	12,85	11,75	7,15
15	14,12	14,15	13,43	7,75
30	17,20	16,86	15,47	8,51
60	20,42	21,13	17,75	13,77
120	28,50	28,58	23,62	22,18
200	35,25	38,12	36,80	30,45
300	38,40	43,56	39,52	35,32
Reg. linear	**	**	**	**
Reg. quadr.	ns	ns	ns	ns
CV (%)	4,8	4,8	5,9	4,5

** ns = significativo ao nível de 1% de probabilidade e não significativo, pelo teste F

Tabela 29. Concentração de nitrogênio total na parte aérea e raízes proveniente do segundo corte de *Panicum maximum* cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função de doses de nitrogênio. Médias de 4 repetições para lâminas de folhas não expandidas e 8 para as demais partes.

Dose de N	Lâminas de folhas não expandidas	Lâminas de folhas novas	Lâminas de folhas velhas	Colmos + bainhas	Raízes
mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹				
0	7,65	7,76	7,56	4,71	6,55
20	10,75	9,12	9,11	5,35	6,38
40	12,27	10,06	9,22	6,22	6,61
80	14,92	13,25	11,80	9,46	8,10
160	18,87	19,47	18,02	16,95	11,18
280	26,42	28,62	29,25	23,23	17,03
400	37,90	40,24	40,75	32,21	19,37
Reg. linear	**	**	**	**	**
Reg. quadr.	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	3,9	3,6	5,8	4,9	4,3

** e ns = significativo ao nível de 1% de probabilidade e não significativo, pelo teste F

Em geral verificou-se no primeiro corte pequena variação nas concentrações de nitrogênio total entre as lâminas de folhas não expandidas, lâminas de folhas novas e velhas. Observou-se também, que os colmos + bainhas apresentaram as mais baixas concentrações de nitrogênio. Teores de nitrogênio mais baixos nesta parte também foram verificados por Abreu (1994) e por Corrêa (1996) no tanzânia-1, submetido a doses de nitrogênio no meio de crescimento.

No segundo corte, as lâminas de folhas velhas apresentaram teores de nitrogênio total semelhantes aos verificados nas lâminas de folhas novas e mais elevados do que os dos colmos + bainhas. Na dose de 400 mg kg⁻¹ de N os mais altos teores nas partes amostradas podem ser indicativos de que, além dessa quantidade aplicada no segundo corte, ocorreu também um efeito residual do nitrogênio aplicado no plantio, fazendo com que as plantas crescidas nesses tratamentos se apresentassem bem supridas desse elemento sem que tivessem de translocá-lo para as partes em crescimento. Por

ocasião da realização dessa amostragem, verificou-se que as lâminas de folhas velhas do mombaça adubado com essa dose se apresentavam totalmente verdes e não senescentes, ao contrário do observado nas doses de 0 a 160 mg kg⁻¹ de N, onde o capim apresentava-se com todas as folhas cloróticas; as lâminas de folhas velhas exibiam uma clorose mais intensa e um secamento que começava da ponta para a base das folhas, principalmente nas doses 0 e 20 mg kg⁻¹ de N. Esses sintomas são iguais aos descritos por Werner (1971) para o colônio desenvolvido em condições de deficiência de nitrogênio.

Tabela 30. Equações de regressão relacionando doses de nitrogênio em mg kg⁻¹ (X) e concentração de nitrogênio total em g kg⁻¹ nos componentes da parte aérea e raízes (Y) de *Panicum maximum* cv. Mombaça, quando cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Parte amostrada	Equação	R ²
1° corte		
Lâminas de folhas não expandidas	Y = 14,4865 + 0,090130X	0,96
Lâminas de folhas novas	Y = 13,9077 + 0,107477X	0,97
Lâminas de folhas velhas	Y = 12,2963 + 0,099716X	0,96
Colmos + bainhas	Y = 7,2659 + 0,102466X	0,96
2° corte		
Lâminas de folhas não expandidas	Y = 8,6176 + 0,069874X	0,99
Lâminas de folhas novas	Y = 7,1006 + 0,080442X	0,99
Lâminas de folhas velhas	Y = 6,2929 + 0,083341X	0,99
Colmos + bainhas	Y = 3,8291 + 0,076475X	0,99
Raízes	Y = 5,7488 + 0,035671X	0,98

Numa visão geral, as concentrações de nitrogênio total do segundo corte (Tabela 28), nas quatro partes amostradas do mombaça, apresentaram valores mais baixos que as do primeiro corte, com exceção para a mais alta dose. Esta redução pode ser atribuída a um efeito de diluição em consequência do aumento na produção de matéria seca verificado no segundo crescimento. Na dose zero, a redução na concentração de nitrogênio do primeiro para o segundo corte é atribuída à exaustão

provocada pelo primeiro crescimento e à não suplementação na rebrota.

As concentrações de nitrogênio total nas lâminas de folhas novas e velhas e nos colmos + bainhas do mombaça foram superiores às obtidas por Corrêa (1996) no tanzânia-1 e vencedor, quando submetidos a doses de nitrogênio em solução nutritiva e quando se consideraram folhas novas as lâminas da primeira e segunda folhas com lígula visível mais a folha em expansão.

A concentração de nitrogênio total nas raízes do mombaça aumentou linearmente com as doses de nitrogênio estudadas (Tabela 29).

4.2.3.2 Concentração de nitrato

As concentrações de nitrato nas partes amostradas do mombaça, nos dois cortes, aumentaram linearmente com as doses de nitrogênio aplicadas exceto nas lâminas de folhas não expandidas formadas durante o segundo período de crescimento, onde seguiu um modelo quadrático (Tabelas 31 e 32). A Tabela 33 apresenta as equações de regressão obtidas para essas relações.

Aumento na concentração de nitrato em *Panicum maximum*, foi verificado por Crespo et al. (1980) e em *Panicum maximum* cv. Gatton por Queiroz Filho et al. (1982) quando esses capins foram cultivados, respectivamente, num Latossolo e em uma Laterita hidromórfica e submetidos a doses de nitrogênio.

Numa visão global, verificou-se que as concentrações de nitrato nas quatro partes amostradas do mombaça, por ocasião do primeiro corte, foram sempre maiores que as do segundo corte, o que pode ser atribuído a um efeito de diluição, visto que as maiores produções de matéria seca foram obtidas no último corte e, principalmente, nas doses de 160, 280 e 400 mg kg⁻¹ de N, esses tratamentos apresentaram produções de matéria seca cerca de 2,4; 2,8; e 4,2 vezes maiores que as do primeiro corte, respectivamente. Por outro lado, na dose zero de nitrogênio, a menor concentração de nitrato verificada no segundo corte, em relação ao primeiro pode ser atribuída à menor disponibilidade de nitrato em função do esgotamento das terras

provocado pelo primeiro crescimento e a não suplementação na rebrota.

Tabela 31. Concentração de nitrato na parte aérea proveniente do primeiro corte de *Panicum maximum* cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função de doses de nitrogênio. Médias de 4 repetições para lâminas de folhas não expandidas e lâminas de folhas velhas e 8 para as demais partes.

Dose de N	Lâminas de folhas não expandidas	Lâminas de folhas novas	Lâminas de folhas velhas	Colmos + bainhas
mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹			
0	0,177	0,191	0,192	0,193
15	0,191	0,220	0,210	0,274
30	0,233	0,293	0,289	0,330
60	0,296	0,596	0,421	2,236
120	1,109	1,496	0,522	8,852
200	2,120	2,491	1,070	15,390
300	2,786	3,776	2,279	17,533
Reg. linear	**	**	**	**
Reg. quadr.	ns	ns	ns	ns
CV (%)	4,8	6,7	3,6	5,4

** e ns = significativo ao nível de 1% de probabilidade e não significativo, pelo teste F

De modo geral, no primeiro corte os colmos + bainhas apresentaram mais altas concentrações de nitrato que as outras partes amostradas. As maiores concentrações de nitrato ocorreram com a aplicação de 300 mg kg⁻¹ de N, sugerindo um efeito de concentração, uma vez que a produção de matéria seca obtida com esse nível de nitrogênio foi menor que a da testemunha (Tabela 25).

Por ocasião do segundo corte, também verificou-se mais alta concentração de nitrato nos colmos + bainhas do que nas outras partes (Tabelas 32), sugerindo que essa parte funcionaria como órgão armazenador de nitrato, quando em presença de maior quantidade de nitrogênio no solo. Concentrações de nitrato mais elevadas nos colmos + bainhas do que em outras partes da planta também foram reportadas para aveia (Crawford et al., 1961), para capim-elefante (Guzmán et al., 1978) e para o tanzania-1 (Abreu, 1994).

Tabela 32. Concentração de nitrato na parte aérea e raízes proveniente do segundo corte de *Panicum maximum* cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função de doses de nitrogênio. Médias de 4 repetições para lâminas de folhas não expandidas e 8 para as demais partes.

Dose de N	Lâminas de folhas não expandidas	Lâminas de folhas novas	Lâminas de folhas velhas	Colmos + bainhas	Raízes
mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹				
0	0,136	0,145	0,153	0,191	0,148
20	0,161	0,185	0,175	0,205	0,172
40	0,216	0,228	0,232	0,268	0,202
80	0,263	0,306	0,297	0,506	0,226
160	0,397	0,505	0,491	1,992	0,276
280	1,065	1,167	1,103	4,270	0,954
400	1,415	1,327	1,995	7,637	1,265
Reg. linear	**	**	**	**	**
Reg. quadr.	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	4,9	5,7	4,8	4,5	3,2

** e ns = significativo ao nível de 1% de probabilidade e não significativo, pelo teste F

As concentrações de nitrato calculadas para a parte aérea do mombaça, no primeiro corte, foram 0,189; 0,227; 0,297; 0,991; 3,285; 6,020 e 7,427 g kg⁻¹ de N-NO₃⁻ com a aplicação de 0, 15, 30, 60, 120, 200 e 300 mg kg⁻¹ de N e, para o segundo corte concentrações de 0,167; 0,190; 0,245; 0,386; 1,085; 2,366 e 3,764 g kg⁻¹ de N-NO₃⁻ com a aplicação de 0, 20, 40, 80, 160, 280 e 400 mg kg⁻¹ de N, respectivamente. Considerando-se as concentrações de nitrato de 2,0 g kg⁻¹ (Olsen, 1972) e de 1,5 g kg⁻¹ (Ryan et al., 1972) como tóxicas para bovinos, verifica-se, que a partir da aplicação de 120 mg kg⁻¹ de N no primeiro crescimento e de 280 mg kg⁻¹ de N no segundo corte, as concentrações de nitrato na parte aérea do mombaça estiveram acima desses valores. Talvez, no primeiro crescimento, as concentrações mais elevadas verificadas com a aplicação de 300 mg kg⁻¹ de N tenham ocorrido devido a um efeito de concentração, uma vez que a produção de matéria seca foi menor nessa dose. Já no segundo crescimento as mais altas concentrações se justificam provavelmente devido ao pouco tempo que as plantas tiveram para assimilar o nitrato absorvido, uma vez que a última

aplicação de nitrogênio (100 mg kg^{-1} de N) para completar a dose de 400 mg kg^{-1} de N ocorreu quatro dias antes desse corte. Se as plantas fossem cortadas mais tarde possivelmente elas apresentariam mais baixas concentrações porque haveria tempo para assimilação do nitrato absorvido e acumulado, além de poder ocorrer o efeito de diluição devido ao aumento na produção de matéria seca.

Através da análise de variância foi demonstrado que houve efeito significativo ($P < 0,01$) das doses de nitrogênio na concentração de nitrato nas raízes do mombaça, cujos valores aumentaram linearmente, conforme verificado nas Tabelas 32 e 33.

Tabela 33. Equações de regressão relacionando doses de nitrogênio em mg kg^{-1} (X) e concentração de nitrato em g kg^{-1} nos componentes da parte aérea e raízes (Y) de *Panicum maximum* cv. Mombaça, quando cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Parte amostrada	Equação	R ²
1° corte		
Lâminas de folhas não expandidas	$Y = 0,0020 + 0,009518X$	0,98
Lâminas de folhas novas	$Y = 0,0080 + 0,012423X$	0,99
Lâminas de folhas velhas	$Y = 0,0387 + 0,006502X$	0,92
Colmos + bainhas	$Y = -0,4638 + 0,066285X$	0,95
2° corte		
Lâminas de folhas não expandidas	$Y = 0,0287 + 0,003922X$	0,92
Lâminas de folhas novas	$Y = 0,1017 + 0,003214X$	0,97
Lâminas de folhas velhas	$Y = 0,0144 + 0,004435X$	0,95
Colmos + bainhas	$Y = -0,4514 + 0,018601X$	0,96
Raízes	$Y = 0,0564 + 0,002906X$	0,93

4.2.3.3 Estimativa do teor de clorofila

Os valores SPAD na parte aérea do mombaça, em ambos os cortes,

variaram significativamente ($P < 0,01$) com as doses de nitrogênio (Tabelas 34 e 35). Essas variações seguiram modelos quadráticos (Tabela 36) que permitiram calcular o máximo valor SPAD para cada parte amostrada. Assim, a aplicação de 230; 242 e 276 mg kg^{-1} de N correspondeu aos valores máximos de SPAD, que foram de 35,6; 45,0 e 39,6 de leitura SPAD para lâminas de folhas não expandidas, lâminas de folhas novas e lâminas de folhas velhas do primeiro corte; a aplicação de 317; 307 e 367 mg kg^{-1} de N correspondeu a 34,3, 40,6 e 37,4 de leitura SPAD para lâminas de folhas não expandidas, lâminas de folhas novas e lâminas de folhas velhas do segundo corte, respectivamente.

Tabela 34. Valores SPAD na parte aérea proveniente do primeiro corte de *Panicum maximum* cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função de doses de nitrogênio. Médias de 8 repetições.

Dose de N	Lâminas de folhas não expandidas	Lâminas de folhas novas	Lâminas de folhas velhas
mg kg^{-1}	valores SPAD		
0	16,7	26,3	19,0
15	20,2	30,7	23,4
30	25,2	35,5	26,5
60	29,0	38,3	29,8
120	31,9	40,3	33,4
200	33,2	42,7	36,8
300	35,2	44,9	40,1
Reg. linear	**	**	**
Reg. quadr.	**	**	**
CV (%)	5,8	4,9	4,6

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F

De modo geral, em ambos os cortes as lâminas de folhas velhas apresentaram mais baixos valores SPAD que as de folhas novas, em média 23% mais baixos para o primeiro corte e 21% para o segundo, com exceção das duas mais elevadas doses de nitrogênio, onde a redução foi em média de 12 e 7% para o primeiro e segundo corte, respectivamente (Tabelas 34 e 35). Isto permite inferir que, na presença de maior

disponibilidade de nitrogênio no solo, o capim apresentava-se bem suprido desse elemento, o que pode ser confirmado pelos elevados teores de nitrogênio total nesta parte amostrada (Tabelas 28 e 29), além de ser constatado visualmente que as lâminas de folhas velhas do mombaça, cultivado nessa dose, apresentavam-se totalmente verdes e não senescentes.

Tabela 35. Valores SPAD na parte aérea proveniente do segundo corte de *Panicum maximum* cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função de doses de nitrogênio. Médias de 8 repetições.

Dose de N	Lâminas de folhas não expandidas	Lâminas de folhas novas	Lâminas de folhas velhas
mg kg ⁻¹	valores SPAD		
0	14,1	15,9	13,7
20	18,9	21,7	15,5
40	23,0	26,0	18,4
80	25,7	32,7	25,9
160	30,0	35,6	30,6
280	31,9	36,9	33,7
400	33,9	40,2	38,1
Reg. linear	**	**	**
Reg. quadr.	**	**	**
CV (%)	4,2	4,3	8,1

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F

Verificou-se também, que os teores de clorofila nas partes amostradas do mombaça apresentaram valores SPAD mais baixos no segundo do que no primeiro corte, sendo que as maiores diferenças, de modo geral, foram encontradas nas doses de 0 a 80 mg kg⁻¹ de N para as lâminas de folhas novas e velhas (Tabela 35). Também observaram-se reduções no teor de nitrogênio total do primeiro para o segundo corte nessas partes amostradas e, como existe uma correlação significativa ($P < 0,01$) entre a concentração de nitrogênio total e o valor SPAD nestas partes ($r = 0,90$ e $0,87$ para lâminas de folhas novas e $r = 0,89$ e $0,86$ para lâminas de folhas velhas, para primeiro e segundo cortes, respectivamente), pode-se atribuir essa redução a menor disponibilidade

do nitrogênio nas terras e ao efeito de diluição durante a segunda fase de crescimento.

Tabela 36. Equações de regressão relacionando doses de nitrogênio em mg kg^{-1} (X) e valores SPAD nos componentes da parte aérea (Y) de *Panicum maximum* cv. Mombaça, quando cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Parte amostrada	Equação	R ²
1° corte		
Lâminas de folhas não expandidas	$Y = 18,9125 + 0,146449X - 0,000317X^2$	0,92
Lâminas de folhas novas	$Y = 29,1339 + 0,131682X - 0,000272X^2$	0,91
Lâminas de folhas velhas	$Y = 21,2283 + 0,133199X - 0,000241X^2$	0,98
2° corte		
Lâminas de folhas não expandidas	$Y = 16,6801 + 0,111121X - 0,000175X^2$	0,94
Lâminas de folhas novas	$Y = 19,2167 + 0,139368X - 0,000227X^2$	0,91
Lâminas de folhas velhas	$Y = 14,1400 + 0,126905X - 0,000173X^2$	0,97

4.2.4. Níveis críticos de nitrogênio total e nítrico e estimativa do teor de clorofila

As relações entre a concentração de nitrogênio total e de nitrato na matéria seca das quatro partes amostradas, e os valores SPAD nas lâminas de folhas não expandidas, lâminas de folhas novas e lâminas de folhas velhas, e a produção de matéria seca da parte aérea (soma das quatro partes amostradas) do mombaça, são apresentadas nas Figuras 27 a 48. Essas relações foram traduzidas por modelo quadrático, com exceção dos valores SPAD das lâminas de folhas não expandidas e das lâminas de folhas novas no segundo corte, onde a relação seguiu uma equação do primeiro grau (Figuras 44 e 46).

O nível crítico foi determinado adotando-se o conceito estabelecido por Ulrich & Hills (1973), o qual é representado pela concentração do nutriente que corresponde a 90% da produção máxima da cultura. Através desse conceito determinou-

se o nível crítico de nitrogênio total e de nitrato para cada uma das quatro partes amostradas, e de valores SPAD para lâminas de folhas não expandidas, lâminas de folhas novas e lâminas de folhas velhas, para cada corte realizado.

Mediante o emprego das equações do segundo grau exibidas nas Figuras 27 a 34 foi possível determinar como níveis críticos as concentrações de nitrogênio total de 19,9 e 15,5 g kg⁻¹ nas lâminas de folhas não expandidas, de 20,8 e 22,9 g kg⁻¹ nas lâminas de folhas novas, de 19,5 e 22,5 g kg⁻¹ nas lâminas de folhas velhas e de 14,6 e 19,4 g kg⁻¹ nos colmos + bainhas do mombaça, respectivamente para o primeiro e segundo cortes. Deste modo, a menor variação nos níveis críticos de nitrogênio total, entre as duas amostragens, foi verificada nas lâminas de folhas novas, seguidas das lâminas de folhas velhas.

Comparando-se os níveis críticos de nitrogênio total nas quatro partes amostradas, de ambos os cortes, verificou-se que foram sempre superiores ao determinado por Hoffmann (1992) para a planta inteira do IZ-1 (13,8 g kg⁻¹). Essa superioridade é atribuída a variações nos materiais e metodologia utilizados, bem como e principalmente, a diferenças entre a idade e parte da planta avaliada.

Nas lâminas de folhas novas o nível crítico de nitrogênio total de 20,8 g kg⁻¹, obtido por ocasião do primeiro corte, está bem próximo do 19,4 g kg⁻¹, encontrado por Hoffmann (1992) para o IZ-1, mesmo considerando que nesse experimento as lâminas de folhas novas foram formadas pelas lâminas da primeira e segunda folhas totalmente expandidas e com lígula visível, enquanto que Hoffmann (1992) considerou também as lâminas das terceiras folhas com lígula visível. De acordo com Henzell & Oxenham (1973b), a coleta acidental da lâmina de uma folha mais velha ou mais nova que a folha índice (folha mais nova totalmente expandida e com lígula visível) é insuficiente para influenciar significativamente a concentração de nitrogênio total.

Os coeficientes de correlação determinados entre a produção de matéria seca e as concentrações de nitrogênio total nas partes amostradas, no primeiro e segundo cortes, foram significativos ($P < 0,01$) e os valores para lâminas de folhas não expandidas foram $r = 0,72$ e $0,85$; para lâminas de folhas novas $r = 0,89$ e $0,94$; para lâminas de folhas velhas $r = 0,80$ e $0,82$ e para colmos + bainhas $r = 0,73$ e $0,80$, respectivamente.

Figura 27. Relação entre a concentração de nitrogênio total (g kg⁻¹) nas lâminas de folhas não expandidas e a produção de matéria seca da parte aérea, no primeiro corte, de *Panicum maximum* cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Figura 28. Relação entre a concentração de nitrogênio total (g kg⁻¹) nas lâminas de folhas não expandidas e a produção de matéria seca da parte aérea, no segundo corte, de *Panicum maximum* cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Figura 29. Relação entre a concentração de nitrogênio total (g kg⁻¹) nas lâminas de folhas novas e a produção de matéria seca da parte aérea, no primeiro corte, de *Panicum maximum* cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Figura 30. Relação entre a concentração de nitrogênio total (g kg⁻¹) nas lâminas de folhas novas e a produção de matéria seca da parte aérea, no segundo corte, de *Panicum maximum* cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Figura 31. Relação entre a concentração de nitrogênio total (g kg⁻¹) nas lâminas de folhas velhas e a produção de matéria seca da parte aérea, no primeiro corte, de *Panicum maximum* cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Figura 32. Relação entre a concentração de nitrogênio total (g kg⁻¹) nas lâminas de folhas velhas e a produção de matéria seca da parte aérea, no segundo corte, de *Panicum maximum* cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Figura 33. Relação entre a concentração de nitrogênio total (g kg⁻¹) nos colmos + bainhas e a produção de matéria seca da parte aérea, no primeiro corte, de *Panicum maximum* cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Figura 34. Relação entre a concentração de nitrogênio total (g kg⁻¹) nos colmos + bainhas e a produção de matéria seca da parte aérea, no segundo corte, de *Panicum maximum* cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

A relação entre produção de matéria seca do mombaça e a concentração de nitrato nas lâminas de folhas não expandidas, lâminas de folhas novas, lâminas de folhas velhas e colmos + bainhas, em cada um dos cortes, foi representada por modelo quadrático (Figuras 35 a 42). Utilizando-se das equações mostradas nessas figuras, foram calculados os níveis críticos de nitrato, que foram de 0,676 e 0,436 g kg⁻¹ para as lâminas de folhas não expandidas (Figuras 35 e 36); 0,903 e 0,650 g kg⁻¹ para as lâminas de folhas novas (Figuras 37 e 38); 0,607 e 0,928 g kg⁻¹ para as lâminas de folhas velhas (Figuras 39 e 40) e 4,089 e 3,365 g kg⁻¹ para os colmos + bainhas (Figuras 41 e 42), respectivamente para a primeira e segunda amostragens.

Deve-se ressaltar que, dentre as partes amostradas do mombaça, as lâminas de folhas novas e as lâminas de folhas não expandidas apresentaram maior homogeneidade para o nível crítico de nitrato entre as amostragens, embora nas demais partes não tenham ocorrido grandes variações.

As correlações entre a produção de matéria seca da parte aérea e as concentrações de nitrato nas partes amostradas foram significativas ($P < 0,01$) e os coeficientes foram: para lâminas de folhas não expandidas $r = 0,65$ e $0,70$; para lâminas de folhas novas $r = 0,80$ e $0,90$; para lâminas de folhas velhas $r = 0,70$ e $0,79$ e para colmos + bainhas $r = 0,62$ e $0,77$, respectivamente para o primeiro e segundo cortes. Destaca-se que as lâminas de folhas novas, entre as partes amostradas, foram as que expressaram os maiores coeficientes de correlação.

Com exceção dos colmos + bainhas, os níveis críticos de nitrato encontrados estão abaixo dos 2,0 g kg⁻¹ indicados por Olsen (1972) e do 1,5 g kg⁻¹ apresentados por Ryan et al. (1972) considerados tóxicos para bovinos.

Figura 35. Relação entre a concentração de nitrato (g kg^{-1}) nas lâminas de folhas não expandidas e a produção de matéria seca da parte aérea, no primeiro corte, de *Panicum maximum* cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Figura 36. Relação entre a concentração de nitrato (g kg^{-1}) nas lâminas de folhas não expandidas e a produção de matéria seca da parte aérea, no segundo corte, de *Panicum maximum* cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Figura 37. Relação entre a concentração de nitrato (g kg⁻¹) nas lâminas de folhas novas e a produção de matéria seca da parte aérea, no primeiro corte, de *Panicum maximum* cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Figura 38. Relação entre a concentração de nitrato (g kg⁻¹) nas lâminas de folhas novas e a produção de matéria seca da parte aérea, no segundo corte, de *Panicum maximum* cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Figura 39. Relação entre a concentração de nitrato (g kg⁻¹) nas lâminas de folhas velhas e a produção de matéria seca da parte aérea, no primeiro corte, de *Panicum maximum* cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Figura 40. Relação entre a concentração de nitrato (g kg⁻¹) nas lâminas de folhas velhas e a produção de matéria seca da parte aérea, no segundo corte, de *Panicum maximum* cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Figura 41. Relação entre a concentração de nitrato (g kg⁻¹) nos colmos + bainhas e a produção de matéria seca da parte aérea, no primeiro corte, de *Panicum maximum* cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Figura 42. Relação entre a concentração de nitrato (g kg⁻¹) nos colmos + bainhas e a produção de matéria seca da parte aérea, no segundo corte, de *Panicum maximum* cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

As Figuras de 43 a 48 ilustram as relações entre a produção de matéria seca da parte aérea e os valores SPAD nas três partes amostradas, em ambos os cortes. Para as amostragens de lâminas de folhas não expandidas, lâminas de folhas novas, lâminas de folhas velhas do primeiro e lâminas de folhas velhas do segundo corte, a relação entre a produção de matéria seca e os valores SPAD nessas partes seguiu modelo quadrático. Mediante o emprego das equações apresentadas nas Figuras 43, 45, 47 e 48 calcularam-se como níveis críticos os valores SPAD de 22,6 para lâminas de folhas não expandidas e 32,0 para lâminas de folhas novas do primeiro corte, e 25,5 e 32,3 para as lâminas de folhas velhas relativas ao primeiro e segundo cortes.

As relações entre a produção de matéria seca e os valores SPAD das lâminas de folhas não expandidas e lâminas de folhas novas do segundo corte seguiram uma equação do primeiro grau (Figuras 44 e 46), não permitindo, nestes casos, calcular a produção máxima. Nestas situações o nível crítico foi determinado obtendo-se o valor da máxima produção de matéria seca através da equação mostrada na Figura 26 (36,18 g/vaso), e calculando-se o valor correspondente a 90% desse máximo, 32,56 g/vaso, de tal modo que, pelo uso das equações apresentadas nas Figuras 44 e 46, encontrou-se nível crítico de 32,4 de leitura SPAD nas lâminas de folhas não expandidas e de 38,6 de leitura SPAD nas lâminas de folhas novas. Como descrito, os níveis críticos de valores SPAD estariam entre 22,6 e 32,4 para lâminas de folhas não expandidas, entre 32,0 e 38,6 para lâminas de folhas novas e entre 25,5 e 32,3 para as lâminas de folhas velhas. Dentre as três partes amostradas, todas apresentaram variação moderada nos níveis críticos de leitura SPAD, sendo que as menores variações foram apresentadas para as lâminas de folhas novas e velhas.

Os coeficientes de correlação significativos ($P < 0,01$) obtidos entre a produção de matéria seca da parte aérea e os valores SPAD nas partes amostradas, para ambos os cortes, foram mais elevados para as lâminas de folhas novas ($r = 0,89$ e $0,98$), do que para as lâminas de folhas velhas ($r = 0,80$ e $0,90$) e lâminas de folhas não expandidas ($r = 0,75$ e $0,90$). Na literatura consultada não se conseguiu informações com gramíneas forrageiras para comparações com os valores de leitura SPAD obtidos neste experimento.

Figura 43. Relação entre a leitura SPAD nas lâminas de folhas não expandidas e a produção de matéria seca da parte aérea, no primeiro corte, de *Panicum maximum* cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Figura 44. Relação entre a leitura SPAD nas lâminas de folhas não expandidas e a produção de matéria seca da parte aérea, no segundo corte, de *Panicum maximum* cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Figura 45. Relação entre a leitura SPAD nas lâminas de folhas novas e a produção de matéria seca da parte aérea, no primeiro corte, de *Panicum maximum* cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Figura 46. Relação entre a leitura SPAD nas lâminas de folhas novas e a produção de matéria seca da parte aérea, no segundo corte, de *Panicum maximum* cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Figura 47. Relação entre a leitura SPAD nas lâminas de folhas velhas e a produção de matéria seca da parte aérea, no primeiro corte, de *Panicum maximum* cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Figura 48. Relação entre a leitura SPAD nas lâminas de folhas velhas e a produção de matéria seca da parte aérea, no segundo corte, de *Panicum maximum* cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

4.2.5 Concentrações de fósforo, cálcio, magnésio, potássio e enxofre nas partes amostradas

A concentração de fósforo, nas quatro partes do mombaça (Tabelas 37 e 38), variou com as doses de nitrogênio segundo uma equação de segundo grau, tanto no primeiro como no segundo cortes, com exceção para as concentrações nas lâminas de folhas velhas do primeiro corte, onde não se observou efeito significativo ($P>0,01$). Os pontos de mínima concentração de fósforo ocorreram com a aplicação de 107; 109 e 143 mg kg^{-1} de N para lâminas de folhas não expandidas, lâminas de folhas novas e colmos + bainhas do primeiro corte e, 294; 265; 281 e 268 mg kg^{-1} de N para lâminas de folhas não expandidas, lâminas de folhas novas, lâminas de folhas velhas e colmos + bainhas do segundo corte, calculadas segundo equações das Tabelas 43 e 44. Tanto no primeiro como no segundo corte, na dose zero de nitrogênio, os mais altos teores de fósforo encontrados nas quatro partes amostradas podem ser explicados pelo efeito de concentração. Nas doses subseqüentes, os teores mais baixos são justificados pelo efeito de diluição. Com exceção da aplicação de 300 mg kg^{-1} de N, no primeiro corte, onde ocorreu novamente um aumento na concentração de fósforo, proporcionado possivelmente pelo efeito de concentração devido ao menor crescimento das plantas nesta dose (Figura 25).

Trabalhos como os de Mattos & Werner (1979), Monteiro et al. (1980), Gomide & Costa (1984) e Hoffmann (1992) mostram que as concentrações de fósforo na parte aérea do *Panicum maximum*, diminuíram linearmente com o emprego de doses de nitrogênio.

A redução dos teores de fósforo do primeiro para o segundo corte (Tabelas 37 e 38) pode ser atribuída à menor disponibilidade de fósforo no solo, em função da remoção desse elemento na matéria seca do primeiro crescimento, e à não suplementação na rebrota, além da maior produção de matéria seca obtida no segundo corte, o que possivelmente proporcionou, também, um efeito de diluição.

Os teores de fósforo nas lâminas de folhas novas do mombaça, no primeiro corte (Tabela 37), estão próximos do nível crítico (1,60 a 1,80 g kg^{-1})

estabelecido por Meirelles et al. (1988) quando amostraram as primeiras, segundas e terceiras lâminas de folhas com lígula visível do IZ-1 cultivado em um Podzólico Vermelho-Amarelo distrófico. Entretanto, no segundo período de crescimento (Tabela 38), os teores são bem mais baixos que os encontrados pelos mesmos autores, evidenciando que nesse período houve limitação de fósforo para o crescimento do mombaça, conforme pode ser constatado pelos baixos teores de fósforo extraível apresentados na Tabela 23.

Tabela 37. Concentrações de fósforo e cálcio na parte aérea proveniente do primeiro corte de *Panicum maximum* cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função de doses de nitrogênio. Médias de 4 repetições para lâminas de folhas não expandidas e lâminas de folhas velhas e 8 para as demais partes.

Dose de N	P				Ca			
	Lâminas de folhas não expandidas	Lâminas de folhas novas	Lâminas de folhas velhas	Colmos + bainhas	Lâminas de folhas não expandidas	Lâminas de folhas novas	Lâminas de folhas velhas	Colmos + bainhas
mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹							
0	1,90	1,72	1,10	2,02	2,00	5,71	12,0	2,02
15	1,90	1,52	1,12	1,47	2,10	5,70	12,1	2,12
30	1,70	1,36	1,10	0,94	2,30	5,80	12,3	2,62
60	1,63	1,43	1,22	0,83	2,50	5,97	12,6	4,02
120	1,71	1,42	1,24	0,98	2,90	6,40	12,8	4,81
200	1,82	1,61	1,33	1,10	3,30	6,57	14,1	5,42
300	2,71	2,05	1,72	1,72	3,80	6,92	14,2	5,81
Reg. linear	**	**	ns	**	**	**	**	**
Reg. quad.	**	**	ns	**	ns	ns	ns	**
CV (%)	5,5	6,3	9,0	8,4	5,4	4,7	3,6	6,8

** e ns = significativo ao nível de 1% de probabilidade e não significativo, pelo teste F.

De modo geral, as lâminas de folhas não expandidas e as lâminas de folhas novas apresentaram concentrações mais elevadas de fósforo que as lâminas de

folhas velhas e os colmos + bainhas, o que está de acordo com Mengel & Kirkby (1987), que afirmaram ser o fósforo um elemento móvel nos tecidos das plantas, translocando-se das partes mais velhas para as mais novas.

Tabela 38. Concentrações de fósforo e cálcio na parte aérea proveniente do segundo corte de *Panicum maximum* cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função de doses de nitrogênio. Médias de 4 repetições para lâminas de folhas não expandidas e 8 para as demais partes.

Dose de N	P				Ca			
	Lâminas de folhas não expandidas	Lâminas de folhas novas	Lâminas de folhas velhas	Colmos + bainhas	Lâminas de folhas não expandidas	Lâminas de folhas novas	Lâminas de folhas velhas	Colmos + bainhas
mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹							
0	1,77	1,70	1,58	1,45	2,00	4,98	10,0	4,40
20	1,55	1,15	1,13	1,32	2,10	5,27	10,2	4,30
40	1,52	0,91	0,86	0,78	2,30	5,71	10,4	4,20
80	1,27	0,69	0,74	0,76	2,60	6,20	10,8	4,50
160	1,02	0,62	0,87	0,67	2,70	6,80	10,9	4,70
280	0,95	0,62	0,66	0,70	3,20	7,11	11,2	5,10
400	1,02	0,66	0,72	0,71	3,60	7,31	12,6	5,10
Reg. linear	**	**	**	**	**	**	**	**
Reg. quad.	**	**	**	**	ns	**	ns	ns
CV (%)	5,6	6,1	5,7	4,6	5,7	3,0	3,5	4,8

** e ns = significativo ao nível de 1% de probabilidade e não significativo, pelo teste F.

A concentração de cálcio nas lâminas de folhas não expandidas, lâminas de folhas novas e lâminas de folhas velhas do primeiro corte (Tabela 37), e lâminas de folhas não expandidas, lâminas de folhas velhas e colmos + bainhas do segundo corte (Tabela 38), foi incrementada linearmente pelas doses de nitrogênio. Para os colmos + bainhas do primeiro corte e lâminas de folhas novas do segundo corte o teor de cálcio variou segundo uma equação de segundo grau, cujos pontos de máxima concentração foram obtidos com a aplicação de 328 e 254 mg kg⁻¹ de N, respectivamente (Tabelas 43

e 44). Pesquisas têm mostrado que a aplicação de nitrogênio não altera significativamente os teores de cálcio no colômbio (Crespo et al., 1986 e Alvim et al., 1990), ou causa uma redução nesses teores, como observado por Mattos & Werner (1979) e Monteiro et al. (1980), demonstrando que condições experimentais específicas tem influência decisiva na composição química das plantas.

Os aumentos nos teores de cálcio nas quatro partes amostradas, de ambos os cortes, com as doses de nitrogênio aplicadas, podem ser explicados em parte pelos aumentos nas concentrações de nitrato na planta, com as doses de nitrogênio (Tabelas 31 e 32). Segundo Mengel & Kirkby (1987), a maior absorção de nitrato pelas plantas induz a uma maior absorção (simporte) de cátions, (nesse caso o cálcio) para manter o balanço de cátions-ânions na planta.

Numa visão geral, as lâminas de folhas velhas, de ambos os cortes, apresentaram teores mais elevados de cálcio que as demais partes amostradas, o que pode ser explicado pela dificuldade com que esse nutriente é mobilizado no interior das plantas das folhas velhas para as partes em crescimento (Mengel & Kirkby, 1987).

Admitindo-se, para efeito de comparação, o teor de cálcio de $4,0 \text{ g kg}^{-1}$ nas lâminas de folhas novas como sendo adequado para o colômbio conforme indicado por Malavolta et al. (1974), verifica-se que em nenhum dos cortes o mombaça apresentou teores mais baixos que este valor, estando, portanto, com suas necessidades de cálcio supridas.

A concentração de magnésio variou em função das doses de nitrogênio de acordo com uma equação de segundo grau, quando se consideraram as lâminas de folhas novas, colmos + bainhas de ambos os cortes, as lâminas de folhas não expandidas do primeiro corte e as lâminas de folhas velhas do segundo corte (Tabelas 39 e 40). Os pontos de máxima concentração de magnésio nessas partes ocorreram, respectivamente, com a aplicação de 239; 250; 174; 235; 178 e 206 mg kg^{-1} de N, de acordo com as equações apresentadas nas Tabelas 43 e 44. Para as lâminas de folhas velhas do primeiro crescimento essa variação ocorreu segundo uma reta, enquanto para as lâminas de folhas não expandidas do segundo corte não se constatou efeito significativo ($P>0,01$). Acréscimos na concentração de magnésio nos tecidos das partes amostradas, com as

doses de nitrogênio, também foram observados para o aruana. Entretanto, esses resultados discordam dos encontrados por Gomide & Costa (1984), que constataram decréscimos nos teores de magnésio com incrementos nas doses de nitrogênio, e dos obtidos por Zago & Gomide (1982) e Crespo et al. (1980) que não constataram efeito da adubação nitrogenada nos teores de magnésio na parte aérea do colônio cultivado em condições de campo, demonstrando, mais uma vez, que condições experimentais específicas tem influência na composição química das plantas.

Tabela 39. Concentrações de magnésio e potássio na parte aérea proveniente do primeiro corte de *Panicum maximum* cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função de doses de nitrogênio. Médias de 4 repetições para lâminas de folhas não expandidas e lâminas de folhas velhas e 8 para as demais partes.

Dose de N	Mg				K			
	Lâminas de folhas não expandidas	Lâminas de folhas novas	Lâminas de folhas velhas	Colmos + bainhas	Lâminas de folhas não expandidas	Lâminas de folhas novas	Lâminas de folhas velhas	Colmos + bainhas
mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹							
0	3,11	3,11	5,61	2,63	21,5	20,9	11,1	50,2
15	3,33	3,33	5,52	2,88	18,6	15,8	9,1	41,7
30	3,67	3,67	5,60	3,50	16,0	12,8	7,2	32,7
60	4,30	4,28	5,34	3,93	13,8	11,9	6,9	28,9
120	4,20	4,17	4,72	4,41	12,0	12,2	10,2	27,8
200	3,20	3,25	4,21	4,16	14,8	15,7	14,4	33,8
300	2,70	2,73	3,56	3,65	22,6	19,5	17,6	42,0
Reg. linear	**	**	**	**	**	**	**	**
Reg. quad.	**	**	ns	**	**	**	**	**
CV (%)	4,9	6,9	5,4	6,0	6,0	5,1	4,7	7,3

** e ns = significativo ao nível de 1% de probabilidade e não significativo, pelo teste F.

De modo geral, os teores de magnésio nas lâminas de folhas não expandidas e nas lâminas de folhas novas e lâminas das folhas velhas obtidos no

segundo corte (Tabela 40) foram mais altas que os verificados no primeiro crescimento (Tabela 39), talvez devido ao maior efeito da diluição, causado pela maior produção de matéria seca no segundo crescimento e ao esgotamento das terras em magnésio por ocasião do primeiro corte (Tabelas 23).

Tabela 40. Concentrações de magnésio e potássio na parte aérea proveniente do segundo corte de *Panicum maximum* cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função de doses de nitrogênio. Médias de 4 repetições para lâminas de folhas não expandidas e 8 para as demais partes.

Dose de N	Mg				K			
	Lâminas de folhas não expandidas	Lâminas de folhas novas	Lâminas de folhas velhas	Colmos + bainhas	Lâminas de folhas não expandidas	Lâminas de folhas novas	Lâminas de folhas velhas	Colmos + bainhas
mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹				g kg ⁻¹			
0	1,32	1,51	2,58	3,10	22,0	19,6	17,5	35,8
20	1,42	1,98	3,76	3,42	17,6	14,9	11,4	30,5
40	1,39	2,45	4,08	3,43	16,1	12,2	8,9	22,6
80	1,43	2,41	4,37	3,53	14,5	10,4	5,1	16,6
160	1,41	2,66	4,83	3,62	13,1	6,8	3,7	13,3
280	1,40	2,80	4,96	3,73	10,7	6,5	4,5	12,6
400	1,43	2,31	3,22	3,38	10,6	6,3	5,8	17,0
Reg. linear	ns	**	**	**	**	**	**	**
Reg. quad.	ns	**	**	**	**	**	**	**
CV (%)	4,9	4,9	5,9	5,1	6,1	4,9	6,3	5,4

** e ns = significativo ao nível de 1% de probabilidade e não significativo, pelo teste F.

Em ambos os cortes as lâminas de folhas velhas apresentaram concentrações de magnésio mais altas que as de folhas novas e lâminas de folhas não expandidas, o que não era esperado uma vez que este elemento é móvel no floema e se transloca com facilidade para as partes em crescimento (Mengel & Kirkby, 1987). Verifica-se também que as concentrações de magnésio nas lâminas de folhas velhas e nas lâminas de folhas novas na dose zero de nitrogênio, em ambos os cortes, e na dose

300 mg kg⁻¹ de N, no primeiro corte, foram sempre mais baixas que as das demais doses estudadas. Talvez esta maior e menor concentração de magnésio possa ser justificada em parte pela menor e maior concentração de potássio encontradas nessas doses. Segundo Mengel & Kirkby (1987), em condições de baixo suprimento de potássio pode ocorrer aumento na concentração de magnésio nas plantas.

Por sua vez, as concentrações de magnésio nas lâminas de folhas novas e nas lâminas de folhas velhas e nos colmos + bainhas de ambos os cortes estão sempre acima dos 2,0 g kg⁻¹ de Mg considerados adequados para o crescimento do colônio (Malavolta et al., 1974).

Os teores de potássio na matéria seca das quatro partes amostradas do mombaça, de ambos os cortes, ajustaram-se a um modelo quadrático (Tabelas 39 e 40), cujo ponto de menor concentração foi atingido com as doses de 139 e 324 mg kg⁻¹ de N para as lâminas de folhas não expandidas; 134 e 280 mg kg⁻¹ de N para as lâminas de folhas novas; 244 e 300 mg kg⁻¹ de N para as lâminas de folhas velhas e 149 e 248 mg kg⁻¹ de N para os colmos + bainhas, respectivamente para o primeiro e segundo crescimentos, conforme indicaram as equações das Tabelas 43 e 44.

Variação no teor de potássio em função da aplicação de nitrogênio é um fato bem conhecido em gramíneas forrageiras, podendo aumentar (Gomide & Costa, 1984 e Botrel et al., 1990) ou diminuir (Monteiro et al., 1980 e Carvalho & Saraiva, 1987).

Tanto no primeiro como no segundo corte parece ter ocorrido diluição do potássio nos tecidos do mombaça, uma vez que a dose de nitrogênio correspondente à concentração mínima de potássio, em cada parte amostrada, está muito próxima daquela em que ocorreu a produção máxima de matéria seca (Tabela 27). Entretanto, as mais altas concentrações de potássio verificadas no primeiro corte, na dose de 300 mg kg⁻¹ de N deveram-se às menores produções de matéria seca verificadas em cada parte amostrada nessa dose, e sugere um efeito de concentração.

Os mais baixos teores de potássio nas quatro partes amostradas no segundo corte, em relação ao primeiro corte, podem ser devidos à menor disponibilidade de potássio no solo, mesmo considerando-se que foram aplicados 70 mg kg⁻¹ de K após

o primeiro crescimento. Essa adição de K foi insuficiente para garantir teores nas lâminas de folhas novas próximos dos $18,4 \text{ g kg}^{-1}$ obtidos por Werner (1971) também nas lâminas de folhas novas do colônio cultivado em solução nutritiva com bom suprimento de potássio. Calculando-se os teores de potássio na parte aérea do mombaça por ocasião do segundo corte obtiveram-se as concentrações 27,5; 21,9; 16,8; 12,7; 9,70; 9,30 e $10,8 \text{ g K kg}^{-1}$, para as doses de 0, 20, 40, 80, 160, 280 e 400 mg kg^{-1} de N, respectivamente. Verifica-se que os teores de potássio nas doses de 80 a 400 mg kg^{-1} de N estão abaixo dos $15,0 \text{ g kg}^{-1}$ obtidos por Vicente-Chandler et al. (1962), e que verificaram estarem as maiores produções de matéria seca do colônio associadas a esta concentração. Isto sugere que, nas doses mais elevadas de nitrogênio houve limitação de potássio para o pleno desenvolvimento das plantas, conforme atestam os baixos teores de potássio trocável encontrados após a colheita final do mombaça (Tabela 23).

Numa visão geral, em ambos os cortes o potássio apresentou concentrações mais elevadas nas lâminas de folhas não expandidas e lâminas de folhas novas que nas outras duas partes amostradas. Esse comportamento está de acordo com a alta mobilidade do potássio nas plantas e com o intenso transporte desse nutriente em direção aos tecidos jovens das plantas (Mengel & Kirkby, 1983).

Constatou-se que a concentração de enxofre nas lâminas de folhas novas e nas lâminas de folhas velhas, de ambos os cortes, e das lâminas de folhas não expandidas do segundo corte, variou de forma quadrática com as doses de nitrogênio aplicadas (Tabelas 41 e 42). A concentração máxima de enxofre nas lâminas de folhas novas do primeiro corte ocorreria com 334 mg kg^{-1} de N, portanto, acima do limite estudado, enquanto para lâminas de folhas velhas, também desse corte, ocorreria com 260 mg kg^{-1} de N. No segundo corte o ponto de máxima concentração nas lâminas de folhas novas e nas lâminas de folhas velhas também deveria ocorrer em presença de doses de nitrogênio superiores às estudadas. Para as lâminas de folhas não expandidas, no segundo corte, a aplicação de 291 mg kg^{-1} de N proporcionaria a máxima concentração de enxofre (Tabelas 43 e 44).

Tabela 41. Concentrações de enxofre na parte aérea proveniente do primeiro corte de *Panicum maximum* cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função de doses de nitrogênio. Médias de 4 repetições para lâminas de folhas não expandidas e lâminas de folhas velhas e 8 para as demais partes.

Dose de N	Lâminas de folhas não expandidas	Lâminas de folhas novas	Lâminas de folhas velhas	Colmos + bainhas
mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹			
0	1,20	1,10	1,20	1,20
15	1,40	1,20	1,50	1,20
30	1,60	1,20	1,60	1,30
60	1,80	1,60	1,80	1,20
120	1,60	1,90	2,00	1,10
200	1,90	2,10	2,22	1,10
300	2,50	2,40	2,40	1,10
Reg. linear	**	**	**	**
Reg. quad.	ns	**	**	ns
CV (%)	4,2	8,2	4,6	9,9

** e ns = significativo ao nível de 1% de probabilidade e não significativo, pelo teste F.

As concentrações de enxofre nos colmos + bainhas dos dois cortes realizados no mombaça diminuíram linearmente com as doses de nitrogênio (Tabelas 41 e 42), enquanto nas lâminas de folhas não expandidas do primeiro corte houve aumento de forma linear. Esses resultados divergem daqueles encontrados por Hoffmann (1992) para o IZ-1, em que aumentos nas doses de nitrogênio causaram reduções na concentração do enxofre na parte aérea dessa gramínea. Provavelmente os aumentos de concentração de enxofre na planta observados no presente estudo estejam relacionados ao fato de que nas doses mais altas de nitrogênio as plantas também apresentaram teores de nitrogênio total mais elevados, aumentando as necessidades da planta em enxofre, uma vez que ele é fundamental no metabolismo do nitrogênio e na síntese de proteínas.

Os decréscimos de enxofre verificados nos colmos + bainhas, em ambos os cortes podem estar relacionados às mais altas concentrações do ânion nitrato encontradas nessa parte da planta do que nas demais partes.

Tabela 42. Concentrações de enxofre na parte aérea proveniente do segundo corte de *Panicum maximum* cv. Mombaça, cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função de doses de nitrogênio. Médias de 4 repetições para lâminas de folhas não expandidas e 8 para as demais partes.

Dose de N	Lâminas de folhas não expandidas	Lâminas de folhas novas	Lâminas de folhas velhas	Colmos + bainhas
mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹			
0	1,00	0,90	0,90	1,90
20	1,40	1,30	0,90	1,90
40	1,60	1,40	1,00	1,70
80	1,60	1,40	1,10	1,70
160	1,60	1,60	1,70	1,60
280	1,70	1,70	1,90	1,50
400	1,70	2,00	2,20	1,30
Reg. linear	**	**	**	**
Reg. quad.	**	**	**	ns
CV (%)	6,2	5,7	9,2	6,8

** e ns = significativo ao nível de 1% de probabilidade e não significativo, pelo teste F.

Tabela 43. Equações de regressão relacionando doses de nitrogênio em mg kg^{-1} (X) e concentrações de nutrientes (g kg^{-1}) (Y) nos componentes da parte aérea de *Panicum maximum* cv. Mombaça, no primeiro corte, quando cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Parte amostrada	Equação	R ²
Concentração de fósforo		
Lâminas de folhas não expandidas	$Y = 1,8859 - 0,005922X + 0,000028X^2$	0,98
Lâminas de folhas novas	$Y = 1,5971 - 0,003705X + 0,000017X^2$	0,88
Colmos + bainhas	$Y = 1,6340 - 0,011709X + 0,000041X^2$	0,68
Concentração de cálcio		
Lâminas de folhas não expandidas	$Y = 2,0830 + 0,005957X$	0,98
Lâminas de folhas novas	$Y = 5,7134 + 0,004266X$	0,96
Lâminas de folhas velhas	$Y = 11,9822 + 0,009343X$	0,97
Colmos + bainhas	$Y = 1,9307 + 0,030935X - 0,000061X^2$	0,97
Concentração de magnésio		
Lâminas de folhas não expandidas	$Y = 1,3662 + 0,015289X - 0,000043X^2$	0,88
Lâminas de folhas novas	$Y = 1,7766 + 0,009595X - 0,000020X^2$	0,81
Lâminas de folhas velhas	$Y = 5,6696 - 0,007362X$	0,99
Colmos + bainhas	$Y = 2,7617 + 0,019900X - 0,000057X^2$	0,92
Concentração de potássio		
Lâminas de folhas não expandidas	$Y = 20,2479 - 0,117930X + 0,000420X^2$	0,94
Lâminas de folhas novas	$Y = 17,5499 - 0,082478X + 0,000307X^2$	0,74
Lâminas de folhas velhas	$Y = 8,9436 - 0,007746X + 0,000013X^2$	0,83
Colmos + bainhas	$Y = 44,4388 - 0,235260X + 0,000789X^2$	0,74
Concentração de enxofre		
Lâminas de folhas não expandidas	$Y = 1,3458 + 0,003350X$	0,84
Lâminas de folhas novas	$Y = 1,0539 + 0,008055X - 0,000012X^2$	0,99
Lâminas de folhas velhas	$Y = 1,3345 + 0,007825X - 0,000015X^2$	0,98
Colmos + bainhas	$Y = 1,2360 - 0,000955X$	0,79

Tabela 44. Equações de regressão relacionando doses de nitrogênio em mg kg^{-1} (X) e concentrações de nutrientes (g kg^{-1}) (Y) nos componentes da parte aérea de *Panicum maximum* cv. Mombaça, no segundo corte, quando cultivado em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Parte amostrada	Equação	R ²
Concentração de fósforo		
Lâminas de folhas não expandidas	$Y = 1,7183 - 0,005890X + 0,000010 X^2$	0,98
Lâminas de folhas novas	$Y = 1,3802 - 0,007447X + 0,000014X^2$	0,76
Lâminas de folhas velhas	$Y = 1,2979 - 0,005623X + 0,000010X^2$	0,70
Colmos + bainhas	$Y = 1,2885 - 0,005896X + 0,000011X^2$	0,72
Concentração de cálcio		
Lâminas de folhas não expandidas	$Y = 2,1044 + 0,003846X$	0,97
Lâminas de folhas novas	$Y = 5,0895 + 0,013781X + 0,000021X^2$	0,98
Lâminas de folhas velhas	$Y = 10,1028 + 0,006098X$	0,98
Colmos + bainhas	$Y = 4,2772 + 0,002267X$	0,89
Concentração de magnésio		
Lâminas de folhas novas	$Y = 1,7766 + 0,009595X - 0,000020X^2$	0,82
Lâminas de folhas velhas	$Y = 3,0349 + 0,021022X - 0,000051X^2$	0,90
Colmos + bainhas	$Y = 3,2207 + 0,004717X - 0,000010X^2$	0,85
Concentração de potássio		
Lâminas de folhas não expandidas	$Y = 18,9153 - 0,053133X + 0,000081X^2$	0,96
Lâminas de folhas novas	$Y = 17,2485 - 0,088630X + 0,000157X^2$	0,91
Lâminas de folhas velhas	$Y = 14,2634 - 0,101215X - 0,000207X^2$	0,82
Colmos + bainhas	$Y = 32,7778 - 0,187753X + 0,000379X^2$	0,91
Concentração de enxofre		
Lâminas de folhas não expandidas	$Y = 1,2465 + 0,003497X - 0,000006X^2$	0,67
Lâminas de folhas novas	$Y = 1,1152 + 0,004266X - 0,000005X^2$	0,89
Lâminas de folhas velhas	$Y = 0,8239 + 0,005593X - 0,000005X^2$	0,98
Colmos + bainhas	$Y = 1,9100 - 0,001424X$	0,96

5 CONCLUSÕES

Nas condições em que o presente trabalho foi desenvolvido, as seguintes conclusões puderam ser estabelecidas:

- A aplicação das doses de nitrogênio proporcionou aumentos na produção de matéria seca da parte aérea e das raízes, no número de perfilhos, nas concentrações de nitrogênio total e nítrico dos componentes da parte aérea e no teor de clorofila nas folhas dos dois cultivares de *Panicum maximum*;
- Os colmos + bainhas provenientes dos dois crescimentos dos capins aruana e mombaça, apresentaram as mais altas concentrações de nitrato que os outros componentes da parte aérea, em função das doses de nitrogênio aplicadas;
- As lâminas de folhas novas mostraram-se mais adequadas para a avaliação do estado nutricional em nitrogênio dos capins. Os níveis críticos determinados nestas folhas para o aruana foram: nitrogênio total 18,8 e 21,6 g de N kg⁻¹ de matéria seca; nitrato 0,584 e 0,713 g N-NO₃ kg⁻¹ de matéria seca e para o teor de clorofila 32,7 e 39,7 em valores SPAD. Para o mombaça esses valores foram: nitrogênio total 20,8 e 22,9 g de N kg⁻¹ de matéria seca; nitrato 0,903 e 0,650 g de N-NO₃ kg⁻¹ de matéria seca e teor de clorofila 32,0 e 38,6 em valores SPAD.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, J.B.R. Níveis de nitrogênio e proporção de nitrato e amônio afetando produção, atividade de redutase do nitrato e composição de três gramíneas forrageiras. Piracicaba, 1994. 109p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- ALMEIDA, D.L.; DE-POLLI, H.; PESSANHA, G.G. et al. Adubação nitrogenada nos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo. In: SANTANA, M.B.M. (Ed.) **Adubação nitrogenada no Brasil**. Iheús: Sociedade Brasileira da Ciência do Solo; Centro de Pesquisa do Cacau, 1986. p.81-106.
- ALVIM, M.J.; BOTREL, M.A.; VERNEQUE, R.S. et al. Aplicação de nitrogênio em acessos de *Brachiaria*. 1. Efeito sobre a produção de matéria seca. **Pasturas Tropicais**, v.12, n.2, p.2-6, 1990.
- ANDRADE, J.B.; PEDREIRA, J.V.S.; HENRIQUE, W. Composição de três capins da espécie *Panicum maximum* Jacq. (Colonião, Tobiatã e K-187B) sob dois níveis de adubação nitrogenada. **Boletim de Indústria Animal**, v.48, n.2, p.77-82, 1991.
- ANDREW, C.S.; ROBINS, M.F. The effect of phosphorus on the growth, chemical composition, and critical phosphorus percentages of some tropical pasture grasses. **Australian Journal of Agricultural Science**, v.22, n.5, p.693-706, 1971.

- BATES, T.E. Factors affecting critical nutrient concentrations in plants and their evaluation: a review. **Soil Science**, v.112, n.2, p. 116-128, 1971.
- BOIN, C. Produção animal em pastos adubados. In: MATTOS, H.B.; WERNER, J.C.; YAMADA, T. et al. (Ed.). **Calagem e adubação de pastagem**. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1986. p.383-419.
- BOTREL, M.A.; ALVIM, M.J.; MARTINS, C.E. Aplicação de nitrogênio em acessos de *Brachiaria*. 2. Efeito sobre os teores de proteína bruta e minerais. **Pasturas Tropicais**, v.12, n.2, p.7-10, 1990.
- BRUNET, E.; ASPIOLEA, J.L.; ÁLVILA, A. et al. Respuesta de cuatro gramíneas a la fertilización nitrogenada bajo condiciones de secano. III. Exportación y efectos sobre el suelo. **Ciencia y Técnica en la Agricultura, Suelos y Agroquímica**, Habana, v.11, n.3, p.25-34, 1988.
- BRUNET, E.; AVILA, A.; RIOS, C. et al. Respuesta de cuatro gramíneas a la fertilización con nitrógeno bajo condiciones de riego. **Ciencia y Técnica en la Agricultura, Suelos y Agroquímica**, v.13, n.1, p.43-52, 1990.
- CARO-COSTAS, R.; VICENTE-CHANDLER, J.; FIGARELLA, J. The yields and composition of five grasses growing in the humid mountains of Puerto Rico, as affected by nitrogen fertilization, season, and harvest procedures. **Journal of Agriculture of University of Puerto Rico**, v.44, n.3, p.107-120, 1960.
- CARVALHO, M.M.; SARAIVA, O.F. Resposta do capim-gordura (*Melinis minutiflora* Beauv.) à aplicação de nitrogênio, em regime de cortes. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.16, n.5, p.442-454, 1987.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL **Informe Anual - 1981**: programa de pastos tropicales. Cali, 1981. p.57-68: Fertilidade del suelo y nutrición de las plantas.

- COOK, B.G.; MULDER, J.C. Responses of nine tropical grasses to nitrogen fertilizer under rain-grown conditions in south-eastern Queensland. 2. Concentrations and uptakes of nitrogen, phosphorus and potassium in plant tops. **Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry**, v.24, p.415-20, 1984.
- CÔRREA, B.D. Doses de nitrogênio e de magnésio afetando aspectos produtivos e bioquímicos dos capins Colônia, Tanzânia-1 e Vencedor. Piracicaba, 1996. 76p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- CORRÊA, L.A. Níveis críticos de fósforo para o estabelecimento de *Brachiaria decumbens* Stapf., *Brachiaria brizantha* (Hochst) Staf. cv. Marandu e *Panicum maximum* Jacq., em Latossolo Vermelho Amarelo, álico. Piracicaba, 1991. 83p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- CORSI, M. Effects of nitrogen rates and harvesting intervals on dry matter production tillering and quality of the tropical grass *Panicum maximum* Jacq. Ohio, 1984, 125p. Thesis (Ph.D.) - Ohio State University.
- COSTA, M.P. Efeitos da matéria orgânica em alguns atributos do solo. Piracicaba, 1983. 173p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- CRAWFORD, R.F.; KENNEDY, W.K.; JOHNSON, W.C. Some factors that affect nitrate accumulation in forages. **Agronomy Journal**, v.53, n.2, p.159-162, 1961.
- CRESPO, G. Variation in the response of tropical pastures to nitrogenous fertilizers throughout the year. 3. guinea grass (*Panicum maximum* Jacq.) with irrigation. **Cuban Journal Agriculture Science**, v.20, n.1, p.73-81, 1986.

- CRESPO, G.; ASPIOELA, J.L.; LOPEZ, M. Nutricion de pastos. In: SISTACHS, M. (Ed.). **Los pastos en Cuba**. Havana: Edica, 1986. T.1:Produccion, p.345-416.
- CRESPO, G.; FEBLES, G.; PEDROSO, D. et al. Effect of increasing of N on the yield and chemical composition of Guinea grass (*Panicum maximum* Jacq.) and its influence on the mineral composition of bovine blood serum. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 13., Berlin, 1977. Berlin: Eakamie-Verlage, 1980. p.1487-1491.
- EVANHUIS, B.; WAARD, P.W.F. Principles and practices in plant analysis. **Soils**, v.38, n.1, p.152-163, 1980.
- FAVORETTO, V. Frequência de corte e níveis de nitrogênio em capim colônia. I. Produção de matéria seca e capacidade de suporte estimada. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 18., Goiania, 1981. **Resumos**. Goiania: SBZ, 1981. p.105.
- FERNANDES, M.S.; ROSSIELO, R.O.P. Aspectos do metabolismo e utilização do nitrogênio em gramíneas tropicais. In: SIMPÓSIO SOBRE CALAGEM E ADUBAÇÃO DE PASTAGENS, 1., Nova Odessa, 1985. **Anais**. Piracicaba:Potafôs, 1986. p.93-123.
- FERRARI NETO, J. Limitações nutricionais para o colônia (***Panicum maximum*** Jacq) em latossolo da região noroeste do Estado do Paraná. Lavras, 1991. 126p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura de Lavras.
- FOLLET, R.H.; FOLLET, R.F.; HARVORSON, A.D. Use a chorophyll meter to evaluate the nitrogen status of dryland winter wheat. **Communications in Soil Science of Plant Analysis**, v.23, n.7/8, p.687-697, 1992.

- FONSECA, D.M. Níveis críticos de fósforo em amostras de solos para o estabelecimento de *Andropogon gayanus*, *Brachiaria decumbens* e *Hyparrhenia rufa*. Viçosa, 1985. 146p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
- FOX, R.H.; PIEKIELEK, W.P.; MACNEAL, K.M. Using a chlorophyll meter to predict nitrogen fertilizer needs of winter wheat. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, v.25, n.3/4, p.171-181, 1994.
- GHISI, O.M.A.A.; ALMEIDA, A.R.P.; ALCÂNTARA, V.B.G. Avaliação agronômica de seis cultivares de *Panicum maximum* Jacq. sob três níveis de adubação. **Boletim de Indústria Animal**, v.46, n.1, p.1-15, 1989.
- GIRARDIN, P.; TOLLENAAR, M.; MULDON, J.F. The effects of temporary nitrogen starvation on leaf photosynthetic rate and chlorophyll content of maize. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 65, n.2, p.491-500, 1985.
- GOMIDE, J.A. Adubação de pastagens estabelecidas. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 7., Piracicaba, 1984. **Anais**. Piracicaba:FEALQ, 1985. p. 33-60.
- GOMIDE, J.A.; COSTA, G.G. Adubação nitrogenada e consorciação de capim-colonião e capim-jaraguá. 3. Efeitos de níveis de nitrogênio sobre a composição mineral e digestibilidade de matéria seca das gramíneas. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.13, n.2, p.215-224, 1984.
- GOMIDE, J.A.; COSTA, C.G.; SILVA, M.A.M.M. et al. Adubação nitrogenada e consorciação de capim-colonião e capim-jaraguá. I. Produtividade e teor de nitrogênio das gramíneas e das misturas. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.13, n.1, p.10-21, 1984.

- GRIFFITH, W.K.; TEEL, M.R.; PARKER, H.E. Influence of nitrogen and potassium on the yield and chemical composition of Orchardgrass. **Agronomy Journal**, v.56, n.4, p.473-475, 1964.
- GUZMÁN, V. H.; MORALES, G. A.; OCHOA, R. Intoxicación en bovinos por nitratos acumulados en pasto elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.), Revista ICA, v.13, p.113-118, 1978.
- HAAG, H.P.; BOSE, L.V.; ANDRADE, R.G. Absorção de macronutrientes pelos capins collonião, gordura, jaraguá, napier e pangola. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, v.24, p.177-188, 1967.
- HENZELL, E.F.; OXENHAM, D.J. The relation between growth and leaf nitrogen concentration in Nandi setaria and some other tropical grasses. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.4, n.2, p.147-154, 1973a.
- HENZELL, E.F.; OXENHAM, D.J. Variation in leaf-nitrogen concentration in two tropical grasses. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.4, n.2, p.155-163, 1973b.
- HOFFMANN, C.R. Nutrição mineral e crescimento da braquiária e do colonião, sob influência das aplicações de nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre em latossolo da região noroeste do Paraná. Lavras, 1992. 204p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura de Lavras.
- INSTITUTO DE ZOOTECNIA. **Capim Aruana** (*Panicum maximum* cv. Aruana 12-5): Pré-lançamento. Nova Odessa, 1989.
- JANK, L. Melhoramento e seleção de variedades de *Panicum maximum*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 12., Piracicaba, 1995. Piracicaba:FEALQ, 1995. p.21-58

- LEHNINGER, A.L. **Bioquímica**. São Paulo: Edgard Blucher, 1976, v.3, p.441-595.
- MALAVOLTA, E.; HAAG, H.P.; MELLO, F.A.F. et al. **Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas**. São Paulo: Pioneira, 1974. 724p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition in higher plants**. Berlin: Academic Press, 1986. 674p.
- MARTIN, W. E.; MATOCHA, J.E. Plant analysis as an aid in the fertilization of forage crops. In: WALSH, L.M.; BEATON, J.D. (Ed). **Soil testing and plant analysis**. Madison: Soil Science Society of America, 1973. p.393-426.
- MARTINEZ, H.E.P.; HAAG, H.P. Níveis críticos de fósforo em *Brachiaria decumbens* (Staf) Prain, *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweikerd, *Digitaria decumbens* (Stent), *Hyparrhenia rufa* (Nen) Stapf, *Melinis minutiflora* Pal de Beauv., *Panicum maximum* Jacq. e *Pennisetum purpureum* Schum. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, v. 33, p. 913-977, 1980.
- MATTOS, H.B.; WERNER, J.C. Efeitos de nitrogênio mineral e de leguminosas sobre a produção de capim-colonião (*Panicum maximum* Jacq.). **Boletim de Indústria Animal**, v.36, n.1, p.147-156, 1979.
- MEIRELLES, N.M.F.; WERNER, J.C.; ABRAMIDES, P.L.G. et al. Nível crítico de fósforo em capim-colonião cultivado em dois tipos de solos: Latossolo Vermelho Escuro e Podzólico Vermelho Amarelo. **Boletim de Indústria Animal**, v.45, n.1, p.215-232, 1988.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. Bern: International Potash Institute, 1987. 687p.
- MILLS, H.A.; JONES, J.B. Nutrient deficiencies and toxicities in plants: nitrogen. **Journal of Plant Nutrition**, v.1, n.2, p.101-122, 1979.

- MINOLTA CAMERA Co. Manual for chlorophyll Meter Spad-502. Osaka, 1989. 22p.
- MONTEIRO, F.A. Nutrição mineral e adubação. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 12., Piracicaba, 1995. Piracicaba: FEALQ, 1995. p.219-244.
- MONTEIRO, F.A.; WERNER, J.C. Efeitos das adubações nitrogenada e fosfatada em capim-colonião, na formação e em pasto estabelecido. **Boletim de Indústria Animal**, v.43, n.1, p.91-101, 1977.
- MONTEIRO, F.A.; MATTOS, W.T.; MARTIM, R.A. Partes das plantas e diagnose nutricional de fósforo em braquiária decumbens. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., Viçosa, 1995, **Resumos expandidos**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995. v.2, p.556-557.
- MONTEIRO, F.A.; LIMA, S.A.A.; WERNER, J.C. et al. Adubação potássica em leguminosas e em capim-colonião (*Panicum maximum* Jacq.) adubado com níveis de nitrogênio ou consorciado com leguminosas. **Boletim de Indústria Animal**, v.37, n.1, p.127-147, 1980.
- MUNSON, R.D.; NELSON, W.L. Principles and practices in plant analysis. In: WALSH, L.M.; BEATON, J.D. (Ed.). **Soil testing and plant analysis**. Madison: Soil Science Society of America, 1973. p.223-248.
- NAMBIAR, P.T.C.; REGO, J.J.; RAO, B.S. Nitrate concentration and nitrate reductase activity in the leaves of three legumes and three cereals. **Annals of Applied Biology**, v.112, n.3, p.547-553, 1988.
- NELSON, D.W.; SOMMERS, L.E. Determination of total nitrogen in plant material. **Agronomy Journal**, v.65, n.1, p.109-112, 1973.
- NOVOA, R.; LOOMIS, R.S. Nitrogen and plant production. **Plant and Soil**, v.58, n.1/3, p.177-204, 1981.

- OLSEN, F.J. Effect of large applications of nitrogen fertilizer on the productivity and protein content of four tropical grasses in Uganda. **Tropical Agricultural**, v.49, n.3, p.251-260, 1972.
- PERES, J.R.R.; SUHET, A.R. Adubação nitrogenada no Planalto Central. In: SANTANA, M.B.M. (Ed.). Adubação nitrogenada no Brasil. Ilhéus: Sociedade Brasileira da Ciência do Solo, Centro de Pesquisa do Cacau, 1986. p.221-242
- PIEKIELEK, W.P.; FOX, R.H. Use a chlorophyll meter to predict sidedress nitrogen requirements for maize. **Agronomy Journal**, v.84, n.1, p.59-65, 1992.
- QUEIROZ FILHO, J.L.; SAIBRO, J.C.; RIBOLDI, J. Efeito do nitrogênio e dos regimes de corte sobre o acúmulo de nitrato em gramíneas forrageiras perenes de produção estival. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.11, n.4, p.734-745, 1982.
- RAIJ, B.van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1991. 343p.
- RAIJ, B. van.; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H. et al. **Análise química do solo para fins de fertilidade**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 170p.
- REGO, M.G.; GOMIDE, J.A.; NOVAIS, R.F. Phosphorus requirements for grasses establishment in five tropical soils. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 15., Kyoto, 1985. **Proceedings**. Kyoto: Japan , Japanese Society of Grassland Science, 1985. p.467.
- RYAN, M.; WEDIN, W.F.; BRYAN, W.B. Nitrate-N levels of perennial grass as affected by time and level of nitrogen application. **Agronomy Journal**, v.64, n.2, p.165-168, 1972.

- SALINAS, J.G.; GUALDRÓN, R. Adaptacion y requerimientos de fertilizacion de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweikt en la altitanura plana de los Lanos Orientales de Colombia. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO: SAVANAS, ALIMENTOS E ENERGIA, 6., Brasília, 1982. Brasília: EMBRAPA, CPAC, 1988. p. 457-471.
- SANTOS, A.R.; CORRÊA, B.D.; MONTEIRO, F.A. Efeitos de níveis de nitrogênio sobre o rendimento de matéria seca, teor de nitrogênio e perfilhamento em *Panicum maximum* cv. Vencedor. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., Viçosa, 1995. **Resumos expandidos**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995. v.2, p.741-742.
- SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1974. 56 p.
- SAS INSTITUTE CORPORATION. **Propriety software release 6.08**. Cary, 1989.
- SCHEPERS, J.S.; FRANCIS, D.P.; VIGIL, M. et al. Comparison of corn leaf nitrogen concentration and chlorophyllmeter reading. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.23, n.17/20, p.2173-2187, 1992.
- SILVA, A.A.; MATTOS, W.T.; MONTEIRO, F.A. Respostas de capim-Tanzânia-1 (*Panicum maximum*) a níveis de potássio em solução nutritiva. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., Viçosa, 1995. **Resumos expandidos**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995 v.2, p.1046-1047.
- SILVEIRA, J.A.G. Aspectos bioquímicos e fisiológicos da relação K/N em cana-de-açúcar (*Saccharum* sp) cv. 5679, cultivada em solução nutritiva. Piracicaba, 1980. 127p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

- SMEAL, D.; ZANG, H. Chlorophyll meter evaluation for nitrogen management in corn. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, v.25, n.9/10, p.1495-1503, 1994.
- SMITH, F.W. Tissue grass for assessing the phosphorus of green panic, buffel grass and setaria. **Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry**, v.15, n.74, p. 383-390, 1975.
- SMITH, F.W. Pasture species. In: REUTER, D.J.; ROBINSSON, J.B. (Ed.). **Plant analysis: an interpretation manual**. Melbourne: Inkata, 1988. p.100-119.
- SMITH, F.W.; SIREGAR, M.E. Sulfur requirements of tropical forages. In: BLAIR, G.L.; TILL, A.R. (Ed.). **Sulfur in South East Pacific Agriculture**. Armidale: 1983. p.76-86.
- SMITH, P.F. Mineral analysis of plant tissues. **Annual Review of Plant Physiology**, v.13, p. 81-108, 1962.
- STANDLEY, J. Changes in leaf nutrient concentrations of fertilized, grazed grasses in the Queensland wet tropics. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.12, n.6, p.569-578, 1981.
- SUMNER, M.E. Use of dris system un foliar diagnosis of crops at high levels. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**., v.8, n.3, p.251-268, 1977.
- TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J.; BOHEN, H. **Análise de solos, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1985. 189p. (Boletim Técnico, 5).
- TURNER, F.T.; JUND, M.F. Chlorophyll meter to predict nitrogen topdress requeriment for semidwarf rice. **Agronomy Journal**, v.83, n.5, p.926-928, 1991.

- ULRICH, A.; HILLS, F.J. Plant analysis as an aid fertilizing sugar crops: part I. Sugar beets. In: WALSH, L. M. ; BEATON, J. D. (Ed). . **Soil testing and plant analysis**. Madison: Soil Science Society of America, 1973. p.271-288.
- VICENTE-CHANDLER, J. Intensive grassland management in Puerto Rico. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.2, n.2, p.173-215, 1973.
- VICENTE-CHANDLER, J.; PEARSON, R.W.; ABRUÑA, F. et al. Potassium fertilization of intensively managed grasses under humid conditions. **Agronomy Journal**, v.54, n.4, p.450-453, 1962.
- WEBER, O.L.S. ; HAAG, H.P. Nutrição mineral de *Panicum maximum* cv. Makueni. I. Crescimento, concentração e extração dos macronutrientes. **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, v.41, n. 2, p.761-793, 1984.
- WERNER, J. C. Estudos de épocas da adubação nitrogenada em capim-colonião (*Panicum maximum* Jacq.) para aumento de produção de forragem nas secas. **Boletim de Indústria Animal**, v.27/28, n. único, p. 363-367, 1970/1971.
- WERNER, J.C. Estudos sobre a nutrição mineral de alguns capins tropicais. Piracicaba, 1971. 95p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”; Universidade de São Paulo.
- WERNER, J.C. **Adubação de pastagens**. Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1986. 49 p. (Boletim Técnico, 18).
- WHITEHEAD, D.C. **The role of nitrogen in grassland productivity**. Berkshire: CAB, 1970. 202p.
- ZAGO, C.P.; GOMIDE, J.A. Valor nutritivo e produtividade do capim colonião, submetido a diferentes intervalos de corte com e sem adubação de reposição. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.11, n.3, p.512-528, 1982.

ZONTA, E.P.; MACHADO, A.A. **Sistema de análise estatística para microcomputadores**, 1987. 130p.