

LUIZ EDUARDO GUTIERREZ

Engenheiro Agrônomo

Departamento de Química
E. S. A. "Luiz de Queiroz"

IDENTIFICAÇÃO DE CARBOIDRATOS E ÁCIDOS
ORGÂNICOS EM QUATRO VARIEDADES DE
CAPIM ELEFANTE (*Pennisetum purpureum*, Schum),
COLHIDAS EM TRÊS ESTÁDIOS DE MATURIDADE

Orientador: Prof. Dr. Vidal Pedroso de Faria

Dissertação apresentada à Escola Superior
de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universi-
dade de São Paulo, para obtenção do títu-
lo de "Mestre".

PIRACICABA
EST. DE SÃO PAULO
1975

DEDICATÓRIA

A minha esposa,

A meus pais,

A minha filha,

ofereço o trabalho

A G R A D E C I M E N T O S

Ao Prof. Dr. Vidal Pedroso de Faria, pela orientação segura e dedicada.

Aos Profs. Roland Vencowski e Humberto de Campos e Eng.^o Agr.^o Natal Vello na elaboração da análise estatística.

Aos Profs. Celso Lemaire de Moraes e Henrique Vianna de Amorim pelas sugestões oferecidas.

Ao Prof. Ronaldo Ivan Silveira e ao técnico de laboratório Vinicius Ferraz pela elaboração da análise de solo.

Aos estagiários Silvana Conceição Gadotti e Luiz Troula pelo auxílio nas análises químicas.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo pela doação de bolsa de estudos.

O autor agradece também a todas as pessoas e instituições que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

I N D I C E G E R A L

	<u>Página</u>
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. Generalidades sobre o capim Elefante	4
2.2. Carboidratos em plantas forrageiras	10
2.3. Ácidos orgânicos em plantas forrageiras	18
3. MATERIAL E MÉTODOS	22
3.1. Instalação do experimento	22
3.2. Obtenção das amostras	25
3.3. Preparo das amostras para análise	26
3.4. Análise das amostras	27
3.5. Delineamento experimental e análise estatística	28
4. RESULTADOS	30
4.1. Teor de matéria seca das variedades de capim Napier	30
4.2. Ácidos orgânicos	32
4.2.1. Ácidos orgânicos totais	32
4.2.2. Ácido cítrico	33
4.2.3. Ácido fumárico	35
4.2.4. Ácido málico	37
4.2.5. Ácidos orgânicos não identificados	38
4.3. Poder tampão	39
4.4. Carboidratos	41
4.4.1. Extratores para a remoção de carboidratos solúveis de tecidos vegetais.	41
4.4.2. Carboidratos solúveis totais em etanol quente	42

4.4.3. Glicose	43
4.4.4. Frutose	45
4.4.5. Sacarose	46
4.5. Correlação entre alguns valores observados . .	47
5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	48
5.1. Caracterização das variedades estudadas . . .	48
5.2. Ácidos orgânicos e poder tampão	50
5.3. Carboidratos solúveis	58
6. CONCLUSÕES	66
7. RESUMO	68
8. SUMMARY	71
9. LITERATURA CITADA	73
10. APÊNDICE	90

Í N D I C E D O S Q U A D R O S

<u>Quadro</u>	<u>Página</u>
1 Teor de matéria seca das variedades de capim Napier aos 37, 67 e 97 dias de crescimento vegetativo	31
2 Ácidos orgânicos totais não voláteis das variedades de capim Napier aos 37, 67 e 97 dias de crescimento vegetativo	32
3 Ácido cítrico das variedades de capim Napier aos 37, 67 e 97 dias de crescimento vegetativo	34
4 Ácido fumárico das variedades de capim Napier aos 37, 67 e 97 dias de crescimento vegetativo	36
5 Ácido málico das variedades de capim Napier aos 37, 67 e 97 dias de crescimento vegetativo	37
6 Ácidos orgânicos não identificados de variedades de capim Napier em três estádios de maturidade	38
7 Poder tampão das variedades de capim Napier aos 37, 67 e 97 dias de crescimento vegetativo	40
8 Carboidratos solúveis totais das variedades de capim Napier aos 37, 67 e 97 dias de crescimento vegetativo utilizando 3 métodos de extração	41

9	Carboidratos solúveis totais extraídos com etanol quente das variedades de capim Elefante aos 37, 67 e 97 dias de crescimento vegetativo	42
10	Teor de glicose das variedades de capim Napier aos 37, 67 e 97 dias de crescimento vegetativo	44
11	Teor de frutose das variedades de capim Napier aos 37, 67 e 97 dias de crescimento vegetativo	45
12	Teor de sacarose das variedades de capim Napier aos 37, 67 e 97 dias de crescimento vegetativo	46
13	Correlações entre alguns valores observados na análise de capim Napier	47

ÍNDICE DO APÊNDICE

<u>Quadro</u>	<u>Página</u>
I Matéria seca (M.S.) de quatro variedades de capim Napier, em três estádios de maturidade (37, 67 e 97 dias).	91
II Poder tampão de quatro variedades de capim Napier, em três estádios de maturidade (37, 67 e 97 dias), expresso em mili-equivalentes NaOH/100 g de matéria seca.	92
III Ácidos orgânicos totais não voláteis de quatro variedades de capim Napier, em três estádios de maturidade, expresso em mili-equivalentes por 100 g de M.S.	93
IV Ácido cítrico de quatro variedades de capim Napier em três estádios de maturidade, expresso em mili-equivalentes por 100 g de M.S.	94
V Ácido fumárico de quatro variedades de capim Napier em três estádios de maturidade, expresso em mili-equivalentes por 100 g de M.S.	95
VI Ácido málico de quatro variedades de capim Napier, em três estádios de maturidade (37, 67 e 97 dias), expresso em mili-equivalentes/100 g de M.S.	96

VII	Ácidos orgânicos não identificados totais, com Rfa menor do que ácido cítrico, de quatro variedades de capim Napier, em três estádios de maturidade, expressos em miliequivalentes por 100 g de M.S.	97
VIII	Carboidratos solúveis totais, de quatro variedades de capim Napier, em três estádios de maturidade, usando água a temperatura ambiente para extração, expressos em %/matéria seca.	98
IX	Carboidratos solúveis totais de quatro variedades de capim Napier, em três estádios de maturidade (37, 67 e 97 dias), usando álcool quente para extração, expressos em %/M.S.	99
X	Carboidratos solúveis totais de quatro variedades de capim Napier, em três estádios de maturidade, usando água quente para extração, expressos em %/matéria seca.	100
XI	Teor de sacarose em quatro variedades de capim Napier, em três estádios de maturidade (37, 67 e 97 dias), expressos em %/matéria seca (M.S.).	101
XII	Teor de frutose de quatro variedades de capim Napier, em três estádios de maturidade (37, 67 e 97 dias), expresso em %/matéria seca.	102

XIII	Teor de glicose de quatro variedades de ca- pim Napier, em três estádios de maturidade (37, 67 e 97 dias), expresso em %/M.S. . . .	103
------	---	-----

1. INTRODUÇÃO

O capim Elefante (Pennisetum purpureum, Schum) é uma gramínea originária da África (Rodésia) e é bastante difundida no Brasil. Considerada de bom valor nutritivo quando nova, apresenta boa palatabilidade e alto rendimento por área (Otero, 1961). A grande produção de matéria seca dessa planta forrageira ocorre no período quente e úmido do ano, sendo que na época seca a produção é pequena, como demonstram as pesquisas realizadas por Pereira et alii (1966) e Ghelfi Filho (1972). Esses autores observaram que a irrigação e a adubação no inverno não corrigem a baixa produção e que a temperatura e a luminosidade devem exercer uma influência maior. Boin (1968) estudando o manejo de capineiras de capim Elefante chegou a conclusão de que a produção obtida na época de verão deveria ser armazenada para posterior

fornecimento no período seco.

Estudos realizados junto à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" para avaliar o capim Elefante como planta para ensilagem, tem indicado resultados contraditórios pois o produto fermentado às vezes é considerado de boa e às vezes de má qualidade. Os problemas para ensilagem do capim Elefante foram atribuídos por de Faria (1971), ao baixo teor de carboidratos solúveis e a um provável efeito do poder tampão, que provoca aumento nas necessidades de carboidratos para a produção de quantidade suficiente de ácido láctico para abaixamento do pH no silo. Por outro lado, Tosi (1972) relatou que o capim Elefante poderia ser ensilado sem a adição de melaço como fonte de carboidrato solúvel, já que a silagem testemunha foi tão boa quanto as que receberam aditivos. O mesmo autor em 1973, obteve dados indicando que o poder tampão era baixo, não acarretando dificuldades para o abaixamento do pH na massa ensilada.

O presente trabalho tem como objetivo estudar os carboidratos solúveis e os ácidos orgânicos de quatro variedades de capim Elefante (Pennisetum purpureum, Schum) colhidas em três estádios de maturidade. A identificação e a quantificação dos açúcares são importantes para a caracterização do substrato a ser usado pelas bactérias fermentativas do processo da ensilagem, ao passo que os ácidos orgânicos são considerados os compostos químicos responsáveis pelo poder tampão das plantas forrageiras. (Whittenbury et alii, 1967).

Determinações relativas ao teor de matéria seca e ao poder tampão ao ácido clorídrico foram realizadas com a finalidade de se obter uma caracterização das variedades de

capim Napier em estudo. Além disso, essas variáveis foram correlacionadas com os açúcares e ácidos orgânicos das plantas forrageiras estudadas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Generalidades sobre o capim Elefante

O capim Elefante, variedade Napier (Pennisetum purpureum, Schum), é originário da África (Rodésia) e foi assim denominado devido ao seu grande desenvolvimento e porte. O seu "habitat" localiza-se entre as latitudes 10°N e 20°S. Sua denominação Napier deve-se ao Coronel Napier que, em 1909 na Rodésia, descobriu o seu valor forrageiro (Martins, 1964).

Em 1913, o capim Elefante foi introduzido nos Estados Unidos da América do Norte (Martins, 1964), ao passo que para o Brasil foi trazido em 1920 por intermédio do Ministério da Agricultura (Otero, 1952).

A classificação botânica, apresentada por Martins (1964) é a seguinte:

Família	: Graminae
Subfamília	: Panicoidae
Tribu	: Panicea
Gênero	: Pennisetum
Espécie	: <u>Pennisetum purpureum</u> , Schum

Otero (1961) argumentou que o capim Elefante pode ser considerado como uma das plantas forrageiras mais indicadas para a formação de capineiras devido à grande rusticidade, elevada produção por unidade de área, facilidade de multiplicação, boa palatabilidade e composição química equilibrada quando nova. Roston (1970), estudando o problema da produção de alimentos para os animais domésticos no Estado de São Paulo, relatou que as capineiras ocupam um papel de destaque nas propriedades agrícolas que exploram bovinos e que, as espécies mais utilizadas são as variedades e os híbridos do capim Elefante. O mesmo autor apresentou dados de levantamento levados a efeito nas regiões de Araras, Araçatuba e Araraquara, onde as culturas de capim Elefante constituíam cerca de 5% da área explorada para a produção de alimento para os animais domésticos e, aproximadamente, 1% da área total cultivada.

O capim Elefante é apetecível aos animais, sendo que as variedades mais aceitas, dentre as estudadas por Pacola et alii (1972), foram as seguintes: Merkeron México, Merkeron comum, Taiwan A-146, Porto Rico, Mineiro, Taiwan A-25, Taiwan A-148 e Merker.

Lucci et alii (1969) estudaram a produção de leite em pastos de capim Napier e capim fino e concluíram que o

pasto de Napier mantinha a produção de 9,8 kg/cabeça/dia de leite corrigido a 4% de gordura, utilizando-se vacas mestiças europeu-tropical, com peso vivo de 478 kg e sem suplementação. Werner et alii (1965/66) relataram que para o melhor aproveitamento e produções mais elevadas, o capim Napier deve ter manejo alto (acima de 30-40 cm e abaixo de 80-90 cm) para animais em pastoreio.

Trabalhos experimentais realizados nos trópicos tem mostrado que o capim Elefante também apresenta possibilidades de ser utilizado em pastagens para gado de corte. Takashi et alii (1966) observaram que no Havai, o capim Elefante possibilitou a produção de 800 kg/ha/área de peso vivo, com uma carga animal de 6,4 cabeças por hectare. Em nosso meio, Lima et alii (1969) obtiveram maior ganho de peso de bovinos pastoreando o capim Elefante do que utilizando outras espécies forrageiras como o colômbio, o pangola e a grama Bermuda.

O valor nutritivo em Nutrientes Digestíveis Totais (NDT), em dois estádios de maturação, foi estudado em São Paulo, por Melotti e Pedreira (1970/71) que apresentaram os seguintes resultados:

<u>Época de corte</u>	<u>Estádio de Maturidade</u>	<u>NDT% na M.S.</u>
Dezembro-Fevereiro	66 dias	53,57
Fevereiro-Abril	58 dias	59,36

Fonseca et alii (1965) estudaram a mesma espécie forrageira em Minas Gerais, obtendo resultados de NDT na matéria seca ligeiramente superiores, apesar de terem trabalhado com estádios de crescimento vegetativo diferentes. Os autores relataram os seguintes resultados:

Estádio de Maturidade

	3 meses	7 meses	12 meses
Altura da planta	0,8 - 1,0 m	1,4 - 1,5 m	2,5 m
NDT%/M.S.	64,9	61,6	58,3
Relação nutr.	1:22	1:120	1:164

Melotti e Lucci (1969) estudando o valor nutritivo do capim Napier com 0,6 a 0,8 m de altura e obtiveram 64,23% de NDT e 9,38% de proteína digestível.

O capim Napier apresenta grande desenvolvimento no cerrado como mostram os resultados de Pereira et alii (1966), em um experimento de competição de 10 gramíneas para capineiras, em que as variedades Merker e Napier foram as que mais se destacaram na produção de massa verde tanto no verão como no inverno.

Guerreiro et alii (1970a, 1970b) estudaram o efeito da adubação nitrogenada e da época de corte sobre a produtividade e o valor nutritivo do capim Napier. Os autores verificaram que a fertilização nitrogenada aumentou o rendimento da massa verde, matéria seca a porcentagem de proteína mas não afetou o teor de fibra. Com relação a data de corte, observaram que esse teor alterava significativamente os teores de matéria seca, proteína, fósforo, cálcio e fibra, quando os cortes eram espaçados de 7 a 9 semanas.

Thaiphanid (1972) estudando os efeitos de diferentes taxas de nitrogênio sobre a produção de Napier, observou que dose de 780 kg N/ha deram as maiores produções de matéria fresca, matéria seca e proteína.

Vieira e Gomide (1968) estudaram a composição química e a produção de três variedades de capim Napier: Ele-

fante Mineiro, Porto Rico e Taiwan A-146 em 3 épocas de corte, encontrando os seguintes resultados:

	<u>Estádio de maturidade</u>		
	28 dias	56 dias	84 dias
Proteína bruta % na M.S.	20,4	14,2	9,3
Celulose % na M.S.	20,06	31,8	37

Como pode ser observado, a maturação da planta provocou um sensível decréscimo no teor de proteína bruta e aumento no teor de celulose. Fenômeno semelhante foi encontrado por Bateman e Decker (1962) estudando 9 variedades de Napier, sob 3 cortes, em crescimento de 3 a 6 semanas.

De acordo com Plut e Werner (1967) a época do ano e a altura do corte não apresentaram influências apreciáveis sobre a % de lignina, em cortes feitos a cada 28 dias. Os autores mostram que o teor de lignina não atingiu nível elevado em nenhuma fase do período estudado (novembro a abril).

Uma série de ensaios experimentais tem sido conduzidos visando o aproveitamento de excesso de produção de forragem de capim Napier na estação agrostológica do verão, para a confecção de silagem (Boin et alii, 1968; Condé et alii, 1969; Condé e Gomide, 1970; Silveira, 1970; de Faria, 1971 e Tosi, 1972). A ensilagem é um processo de fermentação cujo objetivo é conservar as forragens verdes em estado fresco com todas as propriedades nutritivas; a sua ingestão não provoca influência perniciosa sobre o crescimento e saúde dos animais (de Vuyst e Vanbelle, 1969).

De acordo com Melloti et alii (1970/71) a silagem de Napier é um produto de boa qualidade organoléptica, apresentando um teor de matéria seca muito baixo (23,84%), infe-

rior às silagens de milho e sorgo. Os autores sugeriram que deve ser suplementada com concentrados e apresenta 60,40% de NDT, com base na matéria seca.

Segundo Naufel et alii (1969) a silagem de Napier, parece não ser adequada para vacas em lactação, pois não mantém a produção, causando perda de peso corporal, o que pode ser explicado pelo baixo teor de matéria seca, que ocasiona menor consumo de nutrientes.

Pedreira e Boin (1969) relataram que o maior rendimento para a produção de silagem ocorre de 84 a 105 dias quando o capim Napier apresenta cerca de 2,40 metros de altura sendo o rendimento nesse caso de 14 toneladas de matéria seca obtidas num só corte, o que é vantajoso para a produção de silagem. De acordo com os autores dos 84^o ao 105^o dia, todos os colmos ainda tem relativa succulência e é o período de maior produção de proteína bruta por unidade de área.

Lucci et alii (1968) trabalhando junto ao Centro de Nutrição Animal e Pastagens de Nova Odessa, consideraram que a silagem de capim Napier obtida a partir de corte de 1,5 metros poderia conciliar rendimento e qualidade. Entretanto observaram que o seu valor como alimento deixou muito a desejar, quer na produção de leite quer na manutenção do peso corporal e assim, a silagem de Napier foi considerada como volumoso de baixa a média qualidade.

Resultados contraditórios tem sido obtidos quando as silagens de capim Elefante são avaliadas. Davies (1963), trabalhando na Rodésia, observou que o capim Elefante produzia silagens de baixa qualidade, como consequência de fermentações indesejáveis que ocorriam nos silos. Condé et alii

(1969), Condé e Gomide (1970) e de Faria (1971) avaliaram silagens de capim Elefante que apresentavam ácido butírico e pH elevado. Entretanto, Tosi (1972) analisou silagens exclusivas de capim Elefante sem detectar ácido butírico, e observou uma produção bastante elevada de ácido láctico, característica indicativa de silagem de excelente qualidade.

2.2. Carboidratos em Plantas Forrageiras

As plantas sintetizam carboidratos pelo processo da fotossíntese, em que dióxido de carbono é incorporado em compostos orgânicos produzindo açúcares. Essa incorporação ocorre nos cloroplastos, através da ribulose 1,5 difosfato e sob ação da enzima carboxidismutase (Lehninger, 1970 e Mahler e Cordes, 1971). Outros açúcares podem ser formados no ciclo de Calvin (Lehninger, 1970), como é o caso da glucose e frutose.

Outro mecanismo de incorporação de dióxido de carbono na fotossíntese foi demonstrado por Hatch et alii (1967) que observou que o CO_2 podia ser incorporado na formação de ácidos orgânicos como o málico e o aspártico. Esse processo tem sido encontrado principalmente em gramíneas (Hatch et alii, 1967 e Downton, 1970).

Os açúcares formados na fotossíntese podem ser armazenados e metabolizados para fornecimento de energia (glicólise) ou ainda serem utilizados como precursores de outros compostos, como celulose, hemicelulose, etc. (Lehninger, 1970). Além disso, os carboidratos solúveis em água tomam parte importante nos processos respiratórios que ocorrem nas plantas e podem sofrer quedas rápidas logo após o corte (Wylam, 1953). O mesmo autor observou que em condições úmidas

23% de sacarose e 26% da fructosana desapareceram em 4 horas após a colheita.

Diversos fatores podem afetar o conteúdo de açúcares nas plantas forrageiras. Eagles (1967) estudou o teor de carboidratos em Dactylis glomerata, cortada em vários períodos do dia e da noite, e concluiu que tanto em extrato alcoólico como aquoso houve grande variação nos teores. O autor observou que o teor mais alto de carboidratos solúveis ocorreu no fim do período luminoso e que o teor mais baixo aconteceu no início do período luminoso. Lechtenberg (1973) observou que o teor máximo de sacarose em alfafa ocorreu as 12 horas nas folhas e às 18 horas no caule. Waite e Boyd (1953a) também verificaram para Lolium perenne que o teor de sacarose sofria variação durante o dia. Lechtenberg et alii (1973) verificaram, para Sorghum sudanese, que o teor de sacarose as 6 horas foi de 1,8% e aumentou para 5,8% as 18 horas, enquanto o teor de amido também aumentou no mesmo período. O mesmo fenômeno foi observado para outras plantas por Holt e Hilst (1969) e Lechtenberg et alii (1972).

O estágio de desenvolvimento das plantas também pode afetar o teor de carboidratos (Waite e Boyd, 1953b). De Faria (1971) verificou para o capim Napier que o teor de carboidratos diminuía significativamente em função do estágio de maturidade. À medida que a planta desenvolve-se, o teor de celulose aumenta (Silveira, 1970) e também o teor de lignina e fibra bruta (Silveira, 1971), de modo que o teor de carboidratos solúveis diminui.

Os efeitos da temperatura do solo e do nível de nitrogênio sobre o teor de carboidratos foram estudados por Nowakowski et alii (1965), que verificaram que os teores de

carboidratos foram menores para altas doses de nitrogênio devido ao consumo desses compostos para formação de tecidos. Os mesmos autores relataram que aumentando o nível de nitrogênio a temperatura de 11°C diminuía o teor de carboidratos solúveis e que esse decréscimo foi maior quando a fonte nitrogenada utilizada estava na forma amoniacal. Por outro lado, o teor de açúcares decresceu quando a temperatura foi aumentada de 11 para 19,5°C.

Jones et alii (1965), Schmidt e Blaser (1969), Balasko e Smith (1971), Lechtenberg (1973), Storozhenko (1973) e Falkowski e Kukulka (1974) também relataram para várias espécies de gramíneas que altas doses de nitrogênio causaram redução no teor de carboidratos solúveis. Green e Beard (1969) verificaram para Agrostis palustris e Poa pratensis que os tratamentos de nitrogênio não alteraram significativamente os teores de monossacarídeos e dissacarídeos, porém, o teor de oligossacarídeos diminuiu quando as doses foram aumentadas.

Greenhill et alii (1961), Alberda (1965), Schmidt e Blaser (1967), Brown e Blaser (1970), Watschke et alii (1970) e Watschke et alii (1972) também estudaram o efeito da temperatura sobre o teor de carboidratos solúveis de gramíneas, e verificaram que altas temperaturas causaram redução no teor de carboidratos e que, em baixas temperaturas, ocorria acúmulo.

Nowakowski e Cunningham (1966) estudaram a influência da intensidade da luz e do nível de nitrogênio sobre o teor de carboidratos e verificaram que o principal fator de controle do teor de carboidratos era a intensidade luminosa, havendo entretanto uma interação entre o nível de nitrogênio

e a quantidade de luz. Em dia de grande intensidade luminosa, os autores observaram, que aumentando o teor de nitrogênio de 0 para 100 ppm, o teor de carboidratos diminuía. Essas observações confirmaram os trabalhos de Sullivan e Sprague (1949) e Alberda (1957).

A umidade do solo é outro fator que foi relacionado com o teor de carboidratos solúveis das plantas forrageiras. Brown e Blaser (1970) verificaram que plantas crescendo com 10 a 30% de água disponível no solo apresentaram maior teor de carboidratos solúveis do que plantas crescendo com 80 a 100% de água disponível.

A deficiência de nutrientes minerais provoca alteração no conteúdo de carboidratos das plantas. Rendig e McComb (1961) relataram para alfafa, que os teores de sacarose, glicose e frutose são menores em folhas deficientes de enxofre do que em folhas normais. Holt e Hilst (1969) relataram que em alfafa e Poa pratensis, o maior teor de carboidratos foi encontrado em plantas cultivadas com baixa disponibilidade de potássio. Essa observação está de acordo com Evans e Sorger (1966) que afirmaram que o potássio facilita a utilização de carboidratos na respiração.

Trabalhos realizados junto à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" por de Faria (1971) e Tosi (1972), mostraram que o capim Elefante possui um teor relativamente baixo de carboidratos solúveis mas, os autores não forneceram informações sobre a identificação dos açúcares presentes na planta.

As pesquisas sobre a composição de açúcares em plantas forrageiras tem sido publicados com maior frequência nos

países de clima temperado. Laidlaw e Reid (1952) trabalhando com *Lolium* e *Dactylis* observaram que o teor de glicose era da ordem de 1% ao passo que a frutose variava de 1 a 2% na matéria seca. Os autores também observaram que a sacarose foi o açúcar livre mais abundante nas plantas forrageiras analisadas, alcançando valores entre 5 a 6% na matéria seca.

Trabalhando com *Lolium*, Waite (1957) obteve dados indicando que os teores de glicose e frutose foram semelhantes nas variedades bianuais e anuais, variando de 2 a 4% na matéria seca para as primeiras e acima de 4% para as anuais. Mackenzie e Wylam (1957) confirmaram esses resultados, ressaltando que a glicose e a frutose apresentam níveis variando entre 1 e 2%, mas que a frutose foi encontrada em maior quantidade do que a glicose.

Hirst et alii (1959) trabalhando com plantas forrageiras do gênero *Medicago*, encontraram através da técnica que utiliza etanol a 80%, os seguintes açúcares: sacarose, melibiose, rafinose e estaquiose. Green e Beard (1969) identificaram em *Poa pratensis*, glicose, sacarose, frutose, oligossacarídeos e frutanas.

Bhatia et alii (1972) observaram alterações qualitativas nos carboidratos do caule e das folhas de gramíneas de clima tropical durante o crescimento, sendo que a glicose, a frutose e a sacarose foram os principais açúcares presentes nas folhas e caule. Os autores obtiveram dados indicando que nas folhas os teores de carboidratos solúveis permaneceram estáveis durante o desenvolvimento das plantas. Hunter et alii (1970) analisaram 5 gramíneas de clima tropical e observaram que o teor de carboidratos no caule é dife-

rente do teor nas folhas, e que, em geral, o teor de carboidrato aumenta do corte de 45 dias para corte de 100 dias.

A técnica de extração de carboidratos dos tecidos vegetais também pode afetar os resultados analíticos. Smith (1971) verificou que a extração aquosa de carboidratos de Mendicago sativa e Phleum pratense não é completa porque deixa de remover todos os carboidratos não estruturais. O autor observou que grande parte do amido permanece no resíduo da extração, exceto para milho e sorgo, que apresentam grande parte do amido na forma de amilose solúvel. Smith et alii (1964) verificaram que a extração de carboidratos realizada com água quente foi levemente superior à extração com água fria, porque a água quente provavelmente gelatiniza amido e que, as frutanas acompanham os açúcares livres nos extratos aquosos.

Loomis e Schull (1937) recomendaram a imersão dos tecidos vegetais em etanol fervente como o método mais eficiente para evitar alterações químicas nas amostras, desde que o etanol, quente penetra mais rapidamente nos tecidos do que a água, fato esse que provoca uma pronta inibição das enzimas. Jones (1962) relatou que os teores de açúcares totais no material seco em estufa foi menor do que no material fresco, observação essas confirmadas por Burns et alii (1964), quando relataram que a secagem provoca alterações na composição química das plantas forrageiras.

Os açúcares livres das plantas forrageiras são importantes para o bom desenvolvimento do processo fermentativo de preparo de silagens. Em 1952, Laidlaw e Reid afirmaram que para a produção de quantidade satisfatória de ácidos or-

gânicos na ensilagem, a planta devia conter quantidades adequadas de carboidratos solúveis, os quais para o caso de forragens incluem os açúcares livres, oligossacarídeos e frutanas. Hughes (1970) confirmou este fato, observando que durante a ensilagem ocorre decréscimo no teor de carboidratos solúveis. Smith (1962) trabalhando com alfafa, concluiu que as necessidades de carboidratos para a confecção de silagens de boa qualidade, são as seguintes:

- a) aproximadamente 0,132% de hexoses na matéria seca é exigido pelos microrganismos para fermentação e produção de ácidos, sem levar em conta o poder tampão.
- b) com presença de íons inorgânicos e ácidos orgânicos há o aparecimento do poder tampão, o que provoca a necessidade de uma maior quantidade de carboidratos, passando de 6 a 7% na matéria seca as exigências.

Dewar et alii (1963) demonstraram que as bactérias produtoras de ácido láctico não conseguiam utilizar a hemicelulose das forragens como fonte de energia, observação essa confirmada por Anderson e Jackson (1970) quando relataram que não houve perdas apreciáveis de hemicelulose durante a ensilagem, embora produtos componentes de hemicelulose como arabinose, xilose e galactose tenham sido encontrados livres nas silagens.

Alguns autores (Archibald, 1953; McDonald e Purves, 1956; Anderson e Jackson, 1970) observaram que a produção de ácidos orgânicos na ensilagem era maior do que o correspondente consumo de carboidratos e sugeriram que outros componentes celulares poderiam ser utilizados para a fermentação. Hirst e Ramstad (1957) demonstraram que os ácidos cítrico e

málico desapareciam durante o processo fermentativo e assim, esses compostos poderiam ser utilizados como fontes de energia pelas bactérias. McDonald et alii (1966) relataram que provavelmente o ácido cítrico e málico sejam utilizados na formação de ácido láctico pelas bactérias no processo da ensilagem. Bousset et alii (1974) estudando o metabolismo das bactérias envolvidas no processo da ensilagem, observaram que os carboidratos não eram as únicas fontes de carbono. Whittenbury et alii (1967) em uma revisão sobre os produtos da fermentação de alguns substratos para ensilagem, apresentaram a seguinte conclusão:

Substrato	Produtos
glicose	ácido láctico, etanol e CO_2
frutose	ácidos láctico, acético, manitol, CO_2
ácido cítrico	ácidos láctico e acético, CO_2
ácido málico	ácido láctico e CO_2

Anderson e Jackson (1970) relataram que a utilização de frutose difere quando o material é fresco ou é secado previamente, pois a fermentação homoláctica é predominante em ensilagens de material fresco ao passo que a heteroláctica (produtora de manitol) o é com o material seco. Wylam (1953) observou que no estadio inicial da ensilagem ocorre o desdobramento de frutanas e oligossacarídeos em açúcares mais simples. O autor ressaltou que o desdobramento de frutana fornece um excesso de açúcares livres, e que o teor de sacarose diminui de 5,2% (inicial) para 0,3% (8 dias de fermentação) e 0% (8 meses de fermentação).

McDonald e Purves (1956) relataram que a adição de

melaço provoca economia no teor de frutanas da planta, pois os microrganismos tem preferência pelos açúcares simples do melaço.

2.3. Ácidos Orgânicos nas Plantas Forrageiras

Os ácidos orgânicos ocupam uma posição central no metabolismo das plantas e podem ser considerados, em certos casos, como produtos diretos da incorporação de dióxido de carbono na fotossíntese (Hatch et alii, 1967; Hatch e Slack, 1970; Downton, 1970). Hatch et alii (1967) relataram que a incorporação de CO_2 na fotossíntese poderia ser realizada a partir de outro processo, isto é, a formação de ácidos orgânicos como oxaloacético, málico e aspártico. Observaram também que várias espécies de família Ciperaceae apresentavam esse mecanismo de fixação, cognominado de fotossíntese via C-4 (plantas cujos produtos da fotossíntese apresentam 4 carbonos). Em 1970, Downton verificou que o principal produto da fotossíntese para sorgo era o ácido málico e para o amarantus, o aspártico.

A sequência cíclica enzimática de reações conhecida com o nome de ciclo de Krebs ou ainda, ciclo dos ácidos tricarbóxicos, envolve grande número de ácidos orgânicos como o cítrico, o isocítrico, o alfa-ceto-glutárico, o succinico, o málico, o fumárico e o oxaloacético. As reações ocorrem em células de vegetais de maneira semelhante aquela de células de animais e microorganismos (Ranson, 1965). Há um estreito relacionamento entre ácidos orgânicos e o metabolismo das gorduras, carboidratos e proteínas, através do ciclo de Krebs (Lehninger, 1970).

A presença de ácidos orgânicos em plantas forragei-

ras foi demonstrada por diversos pesquisadores (Nelson e Hasselbring, 1931a e 1931b; Hulme e Richardson, 1954; Holton e Noll Jr., 1955; Hirst e Ramstad, 1957; MacPherson et alii, 1957; Freeman, 1967).

Garcia Rivera e Morris (1955) constataram a presença de ácido oxálico em 24 gramíneas, sendo que a espécie Pennisetum purpureum apresentou cerca de 2,57% na matéria seca.

Procurando relacionar as diferentes espécies das plantas com a composição em ácidos orgânicos, Clark (1969) efetuou uma série de análises de plantas e verificou que:

- a) ácido trans-aconítico é predominante nos cereais, porém não é encontrado em dicotiledoneas.
- b) o ácido malônico é encontrado em teor relativamente alto nas leguminosas.
- c) os ácidos do ciclo de Krebs estão presentes em todas as plantas estudadas.

Molloy (1969) estudou a determinação do ácido trans-aconítico em plantas forrageiras típicas de primavera na Nova Zelândia e sugeriu que uma classificação das plantas em acumuladoras e não acumuladoras era possível de ser realizada. O ácido trans-aconítico tem grande importância biológica pois é inibidor competitivo da aconitase (Saffram e Prado, 1949).

O estadio de desenvolvimento da planta pode afetar o teor dos ácidos orgânicos de acordo com Jones e Barnes (1967) que verificaram uma diminuição no teor em função da idade da planta. Resultados semelhantes foram encontrados por Martin (1970).

O período do dia também pode afetar a composição dos ácidos orgânicos das plantas como foi demonstrado por Burns et alii (1968) trabalhando com alfafa. Os autores verificaram que os níveis de ácidos cítrico e malônico eram maiores durante a manhã do que à tarde.

O teor de ácidos orgânicos pode ser afetado por nutrientes inorgânicos. Yulin e Miller (1961) verificaram que o teor de ácido cítrico é maior em folhas cloróticas do que em folhas normais, observação esta confirmada também por Clark (1968) para o milho, quando verificou que o total de ácidos orgânicos foi maior em folhas deficientes do que em folhas normais. Burns et alii (1968) obtiveram dados mostrando que a adubação da alfafa alterou significativamente os teores dos ácidos cítrico, málico, oxálico e malônico. Os mesmos autores também verificaram que os níveis de cítrico e malônico eram maiores de manhã do que à tarde. Freeman (1967) verificou que a deficiência de potássio não provocou alterações significativas no total de ácidos orgânicos de Lolium multiflorum.

Após o corte das plantas, os tecidos continuam a respirar e apenas cessam quando a unidade da planta atinge níveis de 35%. (Greenhil, 1959). Ocorrendo a respiração, os teores de ácidos orgânicos também apresentam variações, acompanhando os carboidratos. (Melvin e Simpson, 1963). Em estudos sobre secagem de Lolium, Melvin (1965) verificou que o teor de ácido málico aumentava enquanto que os teores dos ácidos cítrico e succínico diminuíam, durante todo o período de dessecação. Hirst e Ramstad (1957) também verificaram uma diminuição nos teores dos ácidos málico, cítrico e succínico durante a secagem de gramíneas, durante 48 horas. MacPherson

e Slater (1959) notaram que o teor de ácidos glutâmico e aspártico foram menores na planta que sofreu um processo de dessecação.

Os ácidos orgânicos presentes nas plantas forrageiras são importantes na preparação de silagens. Pesquisas levadas a efeito por MacDonald et alii (1966), Playne e MacDonald (1966), MacDonald e Henderson (1967) e Whittenbury et alii (1967) mostraram que os ácidos orgânicos existentes nas forragens conferem à mesma um elevado poder tampão, que acarreta dificuldades para o abaixamento do pH no silo.

Hirst e Ramstad (1957) trabalhando com Lolium perenne observaram que os ácidos presentes em maiores quantidades, expressos em percentagem na matéria seca, foram:

ácido cítrico	:	0,63%	a	0,87%
ácido málico	:	1,43%	a	2,58%
ácido succínico	:	0,03%	a	0,04%
ácido quínico	:	1,06%	a	1,37%

Os mesmos autores verificaram que na ensilagem ocorreu um rápido e completo desaparecimento de ácidos cítrico e málico, observações estas também confirmadas por MacPherson et alii (1957).

3. MATERIAL E METODOS

3.1. Instalação do Experimento

O presente trabalho foi realizado com quatro variedades de capim Elefante (Pennisetum purpureum, Schum) colhidas em três estádios de maturidade (37, 67 e 97 dias). As variedades escolhidas foram: a Cameron, a Vruckwona, a Taiwan A-148 e a Taiwan A-241, estabelecidas em canteiros experimentais pertencentes ao Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", município de Piracicaba, no ano agrícola de 1970.

Em outubro de 1973 foram retiradas amostras de solo de cada canteiro plantado com as variedades, sendo que a análise revelou os seguintes valores:

Variedade	pH	M.O.%	e.mg/100 g de T.F.S.A. (1)					H ⁺
			PO ₄ ⁻³	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Al ⁺⁺⁺	
Cameron	5,9	1,50	1,14	0,18	5,50	1,66	0,096	4,000
Vruckwona	5,7	1,59	0,38	0,19	4,36	1,36	0,144	4,336
A-148	6,0	1,47	0,94	0,18	5,00	1,57	0,096	3,344
A-241	5,9	1,65	0,115	0,19	4,49	1,58	0,112	3,600

(1): equivalente-miligrama por 100 gramas de terra fina seca ao ar.

A interpretação da análise feita segundo Catani e Jacintho (1974) indicou que o solo apresentava acidez média e alto teor de matéria orgânica. O teor de fósforo foi alto nos canteiros das variedades Cameron, Vruckwona e Taiwan A-148 e baixo no canteiro da variedade Taiwan A-241. O teor de potássio e hidrogênio pode ser considerado médio, ao passo que o teor de cálcio e magnésio é alto e o de alumínio baixo.

No dia 16 de outubro de 1973, a área foi totalmente cortada para se ter uma uniformização no desenvolvimento da forragem, e de modo a se poder estabelecer épocas de corte para os diferentes estádios de maturidade. No mesmo dia, procedeu-se uma adubação com superfosfato simples, sulfato de amônio e cloreto de potássio, de modo a se obter 200 kg de P₂O₅/ha, 300 kg de N por ha e 100 kg de K₂O por ha. A dose de nitrogênio foi parcelada em duas vezes e realizadas em todos os canteiros por um só trabalhador. Optou-se pela colocação de quantidades maiores de nutrientes, já que o capim Napier é uma planta de alta capacidade de produção e, resultados experimentais (Little et alii, 1969) tem indicado que responde prontamente a grande disponibilidade de nutrientes.

As unidades experimentais de campo foram constituídas por quatro canteiros de 5 metros de largura por 26 metros de comprimento, separados entre si de 1 metro. A planta forrageira havia sido estabelecida em quatro linhas espaçadas de 1 metro. O delineamento experimental adotado foi o de parcelas sub-divididas ou "split-plot" (Pimentel Gomes, 1970), de modo a que as parcelas representassem as quatro variedades e as sub-parcelas os três estádios de maturidade. Quatro repetições para as épocas de corte foram sorteadas e demarcadas no terreno por estacas. Cada repetição no campo apresentava 2 metros de comprimento por 5 metros de largura compreendendo 4 linhas de capim. O esquema que se segue mostra a dimensão e a distribuição das parcelas e sub-parcelas, e a sequência dos cortes:

1	1	2	3
1	2	3	1
2	2	3	1
3	3	1	1
3	1	2	2
2	3	2	2
1	1	1	3
2	1	3	1
3	2	2	3
2	3	1	2
3	3	1	3
1	2	3	2
A-241	Vruckwona	A-148	Cameron

estádios de maturidade		blocos cortados
0 dias (igualação)	16/10/73	todos
37 dias	22/11/73	n. ^{os} 1
67 dias	22/12/73	n. ^{os} 2
97 dias	21/01/74	n. ^{os} 3

O período experimental escolhido, de outubro de 1973 a janeiro de 1974, compreende a época de crescimento máximo e maior produtividade das plantas forrageiras, sendo que observações levadas a efeito no Estado de São Paulo indicaram que o capim Napier produzia no verão cerca de 90% do total de matéria seca (Boin, 1968 e Ghelfi Filho, 1972).

3.2. Obtenção das Amostras

Os cortes eram efetuados de modo a cortar toda a área de 10 metros quadrados correspondente a sub-parcela, e foram feitos manualmente e rentes ao chão. No campo foi obtida uma amostra de aproximadamente 15 kg, que era levada a um picador de forragem e picada grosseiramente. O material triturado era, então, homogeneizado e nova amostragem era feita, sendo a amostra dividida em duas partes: uma era colocada em estufa a 60 - 70°C para determinação de matéria seca e proteína e outra acondicionada em sacos plásticos e congeladas em um congelador a -20°C.

Todos os cortes foram realizados no período da manhã, com início às 6,30 horas. O material era colocado na estufa e no congelador por volta de 13,30 à 14,00 horas.

Por ocasião de cada amostragem, utilizou-se o critério de cortar todas as repetições dentro da variedade para então passar à seguinte. A metodologia utilizada foi respon-

sável pelo fato de que o tempo decorrido entre o corte e o congelamento ou colocação das amostras na estufa, fosse diferente para as variedades estudadas. Esse fato deve servir de orientação para o julgamento das comparações a serem feitas entre as variedades no que diz respeito aos açúcares e ácidos orgânicos, que são compostos normalmente metabolizados durante o processo respiratório (Wylam, 1953; Melvim e Simpson, 1963).

Além dos aspectos anteriormente citados, a metodologia usada criou condições para que se fizesse somente a determinação dos teores de açúcares e ácidos orgânicos na forragem por ocasião da ensilagem, e não a caracterização dos compostos existentes nas plantas. Diversos autores sugeriram que para a identificação de compostos orgânicos em plantas forrageiras, haveria necessidade de se fazer, logo após o corte, a inativação do processo metabólico dos tecidos vegetais. (Loomis e Schull, 1937). Entretanto, uma série de trabalhos (de Faria, 1968, 1971; Johnson et alii, 1971 e Tosi, 1973) tem adotado metodologia semelhante à usada no presente trabalho, a fim de se obter condições aproximadamente iguais àquela observada na ensilagem, quando ocorre um lapso de tempo entre o corte e o armazenamento no silo.

3.3. Preparo das Amostras para Análise

Depois de congeladas, as amostras foram transferidas para "canisters" de aço inoxidável e mergulhados em nitrogênio líquido contido em um butijão usado para inseminação artificial. Após cerca de 20 minutos, as amostras congeladas eram rapidamente passadas por moinho de laboratório (Willey Mill) contendo peneira de 5 mm. Parte dessa massa

moida voltava logo em seguida para o congelador, onde permanecia até o momento das análises. (de Faria, 1968).

A outra parte da forragem picada grosseiramente foi colocada para secar em estufa de circulação forçada de ar, à temperatura de 60 - 70°C, por um período de 4 a 5 dias. Após esse tempo, a estufa era desligada de modo que a umidade da amostra fosse equilibrada com aquela do ar e então moidas através de peneira de 1 mm, em moinho de laboratório (Willey Mill), e armazenadas em vidros tampados para posterior utilização (de Faria, 1968).

3.4. Análise das Amostras

A determinação de matéria seca das amostras foi realizada segundo o método descrito pela Association of Official Agricultural Chemists (1960).

O poder tampão das amostras secas foi determinado pelo método de Playne e MacDonald (1966), adaptado por Tosi (1973), que utiliza ácido clorídrico 0,1 N como titulante.

Para determinação de carboidratos solúveis totais, adotou-se a metodologia de Balwani (1965) descrita por Johnson et alii (1966) que recomenda a utilização de água à temperatura ambiente para a extração de açúcares. Como existem evidências de que o tipo do extrator pode afetar os resultados analíticos de determinação de açúcares em tecidos vegetais (Loomis e Schull, 1937; Smith et alii, 1964; Smith, 1971), testes complementares foram realizados para comparar os resultados de extração com água à temperatura ambiente com água quente e etanol a 80%, aquecidos em banho-maria.

A identificação dos açúcares foi feita por cromato-

grafia de papel de filtro, segundo técnica descrita por Arzolla e Fonseca (1965). A análise quantitativa foi realizada pela técnica descrita por Dubois et alii (1956) e para extração foi utilizado a técnica descrita por Crocomo (1970).

A identificação e a análise quantitativa dos ácidos orgânicos foi feita por cromatografia de papel de filtro, segundo técnica descrita por Arzolla e Aristizabal (1967). A extração dos ácidos orgânicos foi a descrita por Crocomo (1970).

3.5. Delineamento Experimental e Análise Estatística

O delineamento experimental adotado foi o de parcelas sub-divididas (4 parcelas e 3 estádios por parcela) com 4 repetições, totalizando 48 sub-parcelas (Pimentel Gomes, 1970). Para a análise estatística, as variáveis expressas em percentagem foram transformadas em arco seno $\sqrt{\%}$ (Steel e Torrie, 1960).

Para análise da variância empregou-se o teste F e para os contrastes entre médias o teste de Tukey. Para comparação de estádios de maturidade dentro de variedades usou-se análise de regressão pelo método dos polinômios ortogonais. Em todos os casos foi estabelecido o nível de 5% de probabilidade para verificação de significância.

O esquema a seguir indica as fontes de variação analisadas e os respectivos graus de liberdade:

Fontes de variação	graus de liberdade
Blocos	3
Variedades (V)	3
Resíduo A	9
Parcelas	15
Estádios de maturidade (E)	2
Interação Variedades x Estádios	6
Resíduo B	24
Total	47

Análises de correlação foram levadas a efeito entre algumas das variáveis estudadas, de modo a se detectar possíveis associações entre elas.

O teste complementar levado a efeito para testar possíveis diferenças entre métodos de extração de açúcares, foi analisado de acordo com o esquema de análise de variância que se segue, onde os efeitos de variedades, estádios e interações fossem isoladas dos efeitos de métodos:

Causas de variação	Graus de liberdade
Métodos (M)	2
Variedades (V)	3
Estádios (E)	2
Interação MxV	6
Interação VxE	6
Interação MxE	4
Interação MxVxE	12
Total	35

4. RESULTADOS

Os resultados inseridos nos quadros que se encontram neste capítulo referem-se aos valores médios de quatro repetições para as diferentes variáveis estudadas. A análise estatística e os valores originais encontram-se nos quadros do apêndice.

4.1. Teor de Matéria Seca das Variedades de Capim Napier

No quadro 1 observa-se que a maturidade foi a única variável a afetar significativamente os teores de matéria seca das quatro forragens estudadas, não havendo indicação de efeitos devido a variedade. A interação Variedade x Estádio não significativa indicou que o efeito da maturidade foi idêntico para todas as variedades. Os coeficientes de varia-

ção foram baixos tanto para as parcelas como para as sub-parcelas analisadas.

Quadro 1: Teor de matéria seca das variedades de capim Napier aos 37, 67 e 97 dias de crescimento vegetativo.

Estádios	Variedades			
	Cameron	Vruckwona	A-148	A-241
37 dias	10,44 a	9,90 a	8,42 a	12,50 a
67 dias	12,95 b	11,51 a	11,88 b	13,33 a
97 dias	19,99 c	21,16 b	18,55 c	20,38 b

Análise Estatística

<u>Fontes de Variação</u>	<u>G.L.</u>	<u>F</u>	
Blocos	3	0,38	C.V. parcelas: 9,56%
Variedades (V)	3	2,39	
Resíduo A	9		
Parcela	15		
Estádios (E)	2	158,30*	C.V. sub-parcelas: 5,93%
Interação V x E	6	1,64	
Resíduo B	24		
Total	47		

* Significativo $p < 0,05$

a, b, c: nas colunas, médias seguidas de letras diferentes são diferentes significativamente a $p < 0,05$.

4.2. Ácidos Orgânicos

4.2.1. Ácidos Orgânicos Totais

No quadro 2 pode ser visto que os teores de ácidos orgânicos totais não voláteis foram significativamente afetados pela maturidade da planta. A análise também revelou diferenças significativas devidas à variedade mas, que o efeito da maturidade foi semelhante em todas as forragens. Os coeficientes de variação tanto para parcelas como para as sub-parcelas foram elevados, indicando que a sensibilidade do método cromatográfico não foi muito boa.

Quadro 2: Ácidos orgânicos totais não voláteis das variedades de capim Napier aos 37, 67 e 97 dias de crescimento vegetativo. (Expresso em mili-equivalente/100 g de M.S.)

Estádios	VARIEDADES			
	Cameron	Vruckwona	A-148	A-241
37 dias	2,81 xa	3,95 ya	3,51 xya	3,75 xya
67 dias	1,10 xb	2,45 yb	1,27 xb	1,61 xyb
97 dias	1,35 xb	1,58 xb	1,03 xb	1,36 xb

Análise Estatística

<u>Fontes de variação</u>	<u>G.L.</u>	<u>F</u>	
Blocos	3	0,11	
Variedades (V)	3	5,27*	C.V. parcelas: 27,88%
Resíduo A	9		
Parcelas	15		
Estádios (E)	2	62,35*	C.V. sub-parcelas= 27,93%
Interação V x E	6	1,04	
Resíduo B	24		
Total	47		

* significativo $p < 0,05$

x, y: nas linhas, médias seguidas de letras diferentes diferem significativamente ao nível de $p < 0,05$

a, b: nas colunas, médias seguidas de letras diferentes diferem significativamente para $p < 0,05$.

Na comparação entre os valores de ácidos orgânicos determinados para as diferentes variedades, o teste de Tukey revelou que aos 37 dias de crescimento vegetativo a variedade Vruckwona apresentou quantidades mais elevadas do que a Cameron, porém iguais às determinações feitas para as variedades A-241 e A-148. No segundo estágio esta tendência manteve-se mas, aos 97 dias, não houve diferença entre as variedades estudadas.

4.2.2. Ácido cítrico

A análise estatística contida no quadro 3 mostra que as quantidades de ácido cítrico foram significativamente diminuídas pela maturidade das plantas forrageiras. Efeitos significativos foram também detectados para blocos e variedades. Os coeficientes de variação foram bastante elevados.

O teste de Tukey indicou que as diferenças nas quantidades de ácido cítrico entre as variedades só ocorreu quando as plantas foram cortadas com 37 dias de crescimento vegetativo. Nestas condições, a variedade A-241 mostrou possuir quantidades mais elevadas do que Vruckwona.

O teste de Tukey para estádios de crescimento dentro de variedades mostrou decréscimos significativos em função da maturidade da planta para as variedades Cameroun, A-148 e A-241. A variedade Vruckwona não apresentou diferenças significativas entre os estágios de crescimento vegetativo, embora apresentasse uma tendência para redução.

Quadro 3: Ácido cítrico das variedades de capim Napier aos 37, 67 e 97 dias de crescimento vegetativo. (Expresso em mili-equivalente/100 g de M.S.)

Estádios	VARIEDADES			
	Cameron	Vruckwona	A-148	A-241
37 dias	0,56 xya	0,52 xa	0,65 xya	0,74 ya
67 dias	0,19 xb	0,38 xa	0,22 xb	0,28 xb
97 dias	0,22 xb	0,37 xa	0,21 xb	0,30 xb

Análise Estatística

<u>Fontes de variação</u>	<u>G.L.</u>	<u>F</u>	
Blocos	3	8,30*	
Variedades (V)	3	9,97*	C.V. parcelas = 15,15%
Resíduo A	9		
Parcelas	15		
Estádios (E)	2	39,59*	
Interação V x E	6	1,71	C.V. sub-parcelas = 32,77%
Resíduo B	24		
Total	47		

* significativo $p < 0,05$

x, y: nas linhas, médias seguidas de letras diferentes, diferem significativamente $p < 0,05$

a, b: nas colunas, médias seguidas de letras diferentes, diferem significativamente $p < 0,05$.

4.2.3. Ácido fumárico

O estágio de maturidade e as variedades afetaram significativamente as quantidades de ácido fumárico das variedades de capim Napier, como mostra o quadro 4. Além deste aspecto, a análise estatística também indicou que o efeito da idade da planta não foi o mesmo em todas as variedades, já que obteve-se interação significativa. As variedades Cameron e Vruxkwona não apresentaram diferenças significativas entre os estádios de crescimento. As variedades A-148 e A-241 apresentaram redução significativa no teor de ácido fumárico em função da idade da planta, mas não foram detectadas diferenças entre o 2.º e 3.º estágios.

As diferenças entre as variedades, analisadas através do teste de Tukey, indicaram que no primeiro estágio a variedade A-241 apresentou quantidades mais elevadas de ácido fumárico que a Cameron e Vruxkwona. Entretanto, aos 67 dias de crescimento vegetativo os valores determinados para A-241 foram maiores do que Cameron e A-148. No terceiro estágio não se observou diferenças significativas entre as variedades.

Quadro 4: Ácido fumárico das variedades de capim Napier aos 37, 67 e 97 dias de crescimento vegetativo. (Expresso em mili-equivalente/100 g de M.S.)

Estádios	VARIEDADES			
	Cameron	Vruckwona	A-148	A-241
37 dias	0,31 xa	0,38 xa	0,50 xya	0,60 ya
67 dias	0,18 xa	0,42 ya	0,20 xb	0,32 xyb
97 dias	0,26 xa	0,26 xa	0,17 xb	0,20 xb

Análise Estatística

<u>Fontes de variação</u>	<u>G.L.</u>	<u>F</u>	
Blocos	3	1,71	
Variedades (V)	3	5,83*	C.V. parcelas: 25,50%
Resíduo A	9		
Parcelas	15		
Estádios	2	15,68*	
Interação V x E	6	3,11*	C.V. sub-parcelas: 36,87%
Resíduo B	24		
Total	47		

* significativo $p < 0,05$

x, y: nas linhas, médias seguidas de letras diferentes, diferem significativamente $p < 0,05$

a, b: nas colunas, médias seguidas de letras diferentes, diferem significativamente $p < 0,05$.

4.2.4. Ácido málico

Como pode ser visto no quadro 5, os teores de ácido málico das variedades de capim Napier estudadas foram diferentes significativamente nos diversos estádios de maturidade estudados. Houve também redução significativa do teor de ácido málico em função da maturidade da planta.

Quadro 5: Ácido málico das variedades de capim Napier aos 37, 67 e 97 dias de crescimento vegetativo. (Expresso em mili-equivalente/100 g de M.S.)

Estádios	VARIEDADES			
	Cameron	Vruckwona	A-148	A-241
37 dias	0,34 xa	0,33 xa	0,44 xa	0,42 xa
67 dias	0,10 bx	0,12 abx	0,09 bx	0,11 bx
97 dias	0,08 bx	0,08 bx	0,06 bx	0,09 bx

Análise Estatística

<u>Fontes de variação</u>	<u>G.L.</u>	<u>F</u>	
Blocos	3	9,13*	
Variedades (V)	3	6,94*	C.V. parcelas: 37,13%
Resíduo A	9		
Parcelas	15		
Estádios (E)	2	27,39*	C.V. sub-parcelas: 68,96%
Interação V x E	6	0,32	
Resíduo B	24		
Total	47		

* significativo $p < 0,05$

x, y: nas linhas, médias seguidas de letras diferentes, diferem significativamente $p < 0,05$.

a, b: nas colunas, médias seguidas de letras diferentes, diferem significativamente a $p < 0,05$.

Aplicando-se o teste de Tukey não foram descritivas as diferenças significativas entre as variedades, dentro de cada estágio de crescimento, entretanto no quadro 5 observa-se um valor significativo para o teste F de variedades.

4.2.5. Ácidos orgânicos não identificados

Observando-se o quadro 6 nota-se que a análise estatística revelou significância para variedades, estádios e interação V x E, indicando que o efeito da maturidade não foi igual para todas as variedades.

Quadro 6: Ácidos orgânicos não identificados de variedades de capim Napier em três estádios de maturidade

Estádios	VARIEDADES			
	Cameron	Vruckwona	A-148	A-241
37 dias	1,36 ax	2,33 ay	2,34 ay	2,56 ay
67 dias	0,32 bx	1,09 by	0,48 bxy	0,58 bxy
97 dias	0,50 bx	0,57 bx	0,37 bx	0,46 bx

Análise Estatística

<u>Fontes de Variação</u>	<u>G.L.</u>	<u>F</u>	
Blocos	3	2,88	
Variedades (V)	3	13,36*	C.V. parcelas: 22,64%
Resíduo A	9		
Parcelas	15		
Estádios (E)	2	86,74*	C.V. sub-parcelas: 36,85%
Interação V x E	6	2,57*	
Resíduo B	24		
Total	47		

* significativo $p < 0,05$

x, y: nas linhas, médias seguidas de letras diferentes, diferem significativamente $p < 0,05$

a, b: nas colunas, médias seguidas de letras diferentes, diferem significativamente $p < 0,05$.

Houve redução significativa do teor dos ácidos com a maturidade da planta para todas as variedades estudadas . Aos 37 dias de crescimento vegetativo, as variedades Vruckwona, A-148 e A-241 apresentaram quantidades mais elevadas e diferiram significativamente da Cameron.

Dentro de cada variedade, não foram encontradas diferenças significativas entre o segundo e terceiro estádios de crescimento.

4.3. Poder Tampão

O poder tampão ao ácido clorídrico das quatro variedades de capim Napier está representado no quadro 7. Pode-se verificar, através da análise estatística, que o crescimento vegetativo foi responsável por alterações significativas na variável estudada e que o efeito não foi semelhante em todas as variedades, como demonstra a interação significativa entre variedades e estádios. Os coeficientes de variação foram baixos para parcelas e médios para sub-parcelas, indicando boa sensibilidade do método químico empregado.

Aos 37 dias de crescimento vegetativo a variedade A-241 apresentou o valor de poder tampão mais elevado e diferiu significativamente das outras variedades estudadas. A variedade A-148 diferiu significativamente de Cameron e Vruckwona, nesta fase do desenvolvimento vegetativo.

Quadro 7: Poder tampão das variedades de capim Napier aos 37, 67 e 97 dias de crescimento vegetativo. (Expresso em mili-equivalente de HCl/100 g de M.S.)

Estádios	VARIEDADES			
	Cameron	Vruckwona	A-148	A-241
37 dias	38,81 ax	40,20 ax	44,10 ay	48,19 az
67 dias	14,41 bx	16,14 bx	14,59 bx	15,37 bx
97 dias	13,65 bx	15,12 bx	13,43 bx	14,35 bx

Análise Estatística

<u>Fontes de variação</u>	<u>G.L.</u>	<u>F</u>	
Blocos	3	1,36	
Variedades (V)	3	3,60	C.V. parcelas: 11,48%
Resíduo A	9		
Parcelas	15		
Estádios (E)	2	1578,18*	
Interação V x E	6	14,26*	C.V. sub-parcelas: 6,82%
Resíduo B	24		
Total	47		

* significativo $p < 0,05$

x, y: nas linhas, médias seguidas de letras diferentes, diferem significativamente ao nível de $p < 0,05$

a, b: nas colunas, médias seguidas de letras diferentes, diferem significativamente ao nível de $p < 0,05$.

4.4. Carboidratos

4.4.1. Extratores para a Remoção de Carboidratos

Solúveis de Tecidos Vegetais

Os resultados dos testes levados a efeito para verificar diferentes tipos de extratores na determinação de carboidratos solúveis das variedades de capim Napier pode ser visto no quadro 8.

Quadro 8: Carboidratos solúveis totais das variedades de capim Napier aos 37, 67 e 97 dias de crescimento vegetativo utilizando 3 métodos de extração. (Expresso em %/M.S.)

Extrator	Variedade	ESTADIOS DE MATURIDADE			Médias
		37 dias	67 dias	97 dias	
Água ambiente	Cameron	10,34	10,57	9,91	11,26 a
	Vruckwona	11,94	12,06	10,51	
	A-148	16,02	13,00	12,30	
	A-241	8,29	10,51	9,70	
Água quente	Cameron	11,36	12,47	10,17	12,12 b
	Vruckwona	12,25	12,04	11,43	
	A-148	16,95	13,57	12,04	
	A-241	9,71	13,41	10,12	
Álcool quente	Cameron	11,24	11,32	11,45	12,36 b
	Vruckwona	13,92	13,15	10,76	
	A-148	18,62	13,39	12,92	
	A-241	10,64	11,44	9,58	

Análise Estatística

<u>Fontes de variação</u>	<u>G.L.</u>	<u>F</u>	
Métodos (M)	2	10,49*	
Variedades (V)	3	69,69*	
Estádios (E)	2	24,83*	C.V. = 5,22%
Interação M x V	6	0,92	
Interação V x E	6	15,26*	
Interação M x E	4	2,47*	
Interação V x M x E	12		
Total	35		

*significativo $p < 0,05$

4.4.2. Carboidratos solúveis totais em etanol quente

O efeito da maturidade da planta sobre o total de carboidratos solúveis extraídos por etanol a quente das quatro variedades de capim Elefante pode ser observado no quadro 9. Os efeitos para variedades não serão considerados já que a metodologia usada prejudicou a avaliação desta variável, como foi comentado anteriormente.

Quadro 9: Carboidratos solúveis totais extraídos com etanol quente das variedades de capim Elefante aos 37, 67 e 97 dias de crescimento vegetativo. (Expresso em % sobre a matéria seca)

Estádios	VARIEDADES			
	Cameron	Vruckwona	A-148	A-241
37 dias	11,24 xza	13,92 xa	18,62 ya	10,64 za
67 dias	11,32 xa	13,15 xab	13,39 xb	11,44 xa
97 dias	11,45 xya	10,76 xyb	12,92 xb	9,58 ya

Análise Estatística

<u>Fontes de variação</u>	<u>G.L.</u>	<u>F</u>	
Blocos	3	1,57	
Variedades (V)	3	14,29*	C.V. parcelas: 7,33%
Resíduo A	9		
Parcelas	15		
Estádios (E)	2	11,78*	C.V. sub-parcelas: 5,74%
Interação V x E	6	4,72*	
Resíduo B	24		
Total	47		

* significativo $p < 0,05$

x, y, z: nas linhas, médias seguidas de letras diferentes, diferem significativamente ao nível de $p > 0,05$

a, b : nas colunas médias seguidas de letras diferentes, diferem significativamente

As variedades analisadas não apresentaram o mesmo efeito em função do estágio de maturidade. As variedades Cameron e A-241 não apresentaram variação significativa no teor de carboidratos solúveis totais utilizando o extrator etanol nos três estádios de maturidade. As variedades Vrukwna e A-148 apresentaram redução significativa no teor em função da idade da planta.

4.4.3. Glicose

O quadro 10 indica que os teores de glicose das plantas forrageiras estudadas só foram afetados pela variedade, não havendo significância para idade. Os coeficientes de variação foram médios indicando assim uma boa precisão para o método cromatográfico. A variedade A-148 apresentou um teor mais elevado de glicose aos 37 e 67 dias de crescimento vegetativo, sendo que aos 97 dias manteve a tendência de revelar teores mais elevados.

Quadro 10: Teor de glicose das variedades de capim Napier aos 37, 67 e 97 dias de crescimento vegetativo. (Ex - presso em % na M.S.)

Estádios	VARIEDADES			
	Cameron	Vruckwona	A-148	A-241
37 dias	3,56 x	4,37 x	5,43 y	2,60 x
67 dias	4,42 x	3,98 x	5,85 y	3,14 x
97 dias	4,15 x	4,78 x	5,60 x	3,66 x

Análise Estatística

<u>Fontes de variação</u>	<u>G.L.</u>	<u>F</u>	
Blocos	3	0,68	
Variedades (V)	3	10,71*	C.V. parcelas: 12,85%
Resíduo A	9		
Parcelas	15		
Estádio (E)	2	2,38	
Interação V x E	6	0,76	C.V. sub-parcelas: 10,52%
Resíduo B	24		
Total	47		

* significativo $p < 0,05$

x, y: nas linhas, médias seguidas de letras diferentes, diferem significativamente para $p < 0,05$

4.4.4. Frutose

As porcentagens de frutose na matéria seca das amostras de capim Napier podem ser vistas no quadro 11, que também mostra que tanto a variedade como a idade da planta afetaram a concentração deste açúcar nos tecidos vegetais. Os coeficientes de variação foram médios tanto para o caso das parcelas como das sub-parcelas analisadas.

Quadro 11: Teor de frutose das variedades de capim Napier aos 37, 67 e 97 dias de crescimento vegetativo. (Ex - presso em % na M.S.)

Estádios	VARIEDADES			
	Cameron	Vruckwona	A-148	A-241
37 dias	5,98 xz	6,22 x	9,33 y	4,63 z
67 dias	4,75 xa	5,41 x	5,94 x	3,28 y
97 dias	4,26 x	5,37 x	6,32 y	4,20 xa

Análise Estatística

<u>Fontes de Variação</u>	<u>G.L.</u>	<u>F</u>
Blocos	3	0,46
Variedades (V)	3	37,34* C.V. parcelas: 6,98%
Resíduo A	9	
Parcelas	15	
Estádios (E)	2	19,09* C.V. sub-parcelas: 7,62%
Interação V x E	6	2,19
Resíduo B	24	
Total	47	

* significativo p 0,05

x, y, z: nas linhas, médias seguidas de letras diferentes, diferem significativamente a p 0,05.

a, b: nas colunas, médias seguidas de letras diferentes, diferem significativamente para p 0,05

Aos 37 e 67 dias de crescimento vegetativo, a variedade A-148 apresentou os maiores teores de frutose, diferindo significativamente de todas variedades estudadas. Ao

passo que a variedade A-241 teve aos 37 e 67 dias teores mais baixos.

4.4.5. Sacarose

O quadro 12 indica que tanto a maturidade como a variedade não provocaram alterações significativas no teor de sacarose das variedades de capim Napier estudadas. As baixas quantidades detectadas poderiam ser responsáveis pelo aumento nos coeficientes de variação das parcelas e das sub-parcelas, apesar de terem sido os dados analisados estatisticamente com os valores transformados em $\arcseno\sqrt{x\%}$.

Quadro 12: Teor de sacarose das variedades de capim Napier aos 37, 67 e 97 dias de crescimento vegetativo.
(Expresso em %/M.S.)

Estádios	VARIEDADES			
	Cameron	Vruckwona	A-148	A-241
37 dias	0,57	0,47	0,44	0,52
67 dias	0,83	0,44	0,51	0,49
97 dias	0,67	0,80	0,61	0,73

Análise Estatística

<u>Fontes de variação</u>	<u>G.L.</u>	<u>F</u>	
Blocos	3	0,77	
Variedades (V)	3	1,20	C.V. parcelas: 19,59%
Resíduo A	9		
Parcelas	15		
Estádios (E)	2	2,96	
Interação V x E	6	0,63	C.V. sub-parcelas: 22,09%
Resíduo B	24		
Total	47		

4.5. Correlação entre alguns valores observados

O quadro 13 mostra os coeficientes de correlação analisados e a significância estatística. Correlações altas, positivas e significativas foram obtidas entre poder tampão e os teores de ácido cítrico, ácido fumárico, ácido málico, total de ácidos orgânicos e total de não identificados. Entre poder tampão e matéria seca e entre carboidratos solúveis totais e matéria seca encontramos correlações negativas e significativas.

Quadro 13: Correlações entre alguns valores observados na
Análise de capim Napier

Variáveis	Coeficientes de correlação
<u>Poder tampão</u>	
total de ácidos orgânicos	0,94*
total não identificados	0,94*
ácido cítrico	0,95*
ácido fumárico	0,80*
ácido málico	0,97*
matéria seca	- 0,64*
<u>Carboidratos solúveis totais</u>	
matéria seca	- 0,59*

* significativo $p < 0,05$

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1. Caracterização das variedades estudadas

Corsi (1972) argumentou que diversos estudos têm sido realizados com o capim Elefante mas que, raramente os trabalhos trazem descrições detalhadas das variedades, fato esse que dificulta a interpretação e a comparação dos resultados obtidos.

As plantas forrageiras usadas no presente trabalho foram analisadas, sob o ponto de vista citogenético, por Manara (1973) que publicou dados sobre o número e a morfologia dos cromossomos, bem como informações sobre o comportamento meiótico de oito variedades de capim Elefante. A autora sugeriu que as diferenças morfológicas observadas entre variedades não poderiam ser atribuídas às variações no número de

cromossomas, que se manteve constante ($2n = 28$), e sim a dois possíveis fatores: 1) mutações gênicas que ocorreram e foram selecionadas; 2) diferenças nos cromossomas no que diz respeito a tamanho e morfologia.

O teor de matéria seca é uma variável que poderia indicar diferenças entre as variedades estudadas, já que este parâmetro representa o acúmulo de nutrientes nas células vegetais. Entretanto os resultados obtidos mostraram que também para esta característica não existiram diferenças significativas nos estádios de maturidade estudados. Além desse aspecto, o comportamento da elevação significativa nas porcentagens foi idêntico para todas as variedades, indicando uma grande similaridade entre elas. Estas observações são semelhantes àquelas relatadas por Vieira e Gomide (1968) que estudaram as variedades Mineiro, Porto Rico e Taiwan em Minas Gerais, e não obtiveram na maioria das observações, grandes diferenças nos teores de matéria seca.

O capim Elefante tem sido bastante estudado como planta forrageira para o preparo de silagens (Boin et alii, 1968; Condè et alii, 1969; Lucci et alii, 1969; Naufel et alii, 1969; de Faria, 1970 e Tosi, 1972) como consequência dos altos rendimentos por unidade de área. Entretanto, de Faria (1970) argumentou que o alto teor de umidade da variedade Napier poderia ser o fator responsável pelo baixo valor nutritivo das silagens preparadas com esta planta forrageira e que, dificilmente seria possível a obtenção de silagem de capim Elefante com teores de umidade iguais ou superiores a 70%.

Os baixos teores de matéria seca (10,3% aos 37 dias, 12,4% aos 67 dias e 23,1% aos 97 dias) das quatro variedades de capim Elefante estudadas estão de acordo com os valores relatados por outros trabalhos levados a efeito na Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", onde diferentes variedades de capim Elefante estudadas entre 45 e 121 dias de crescimento vegetativo, apresentaram teores de matéria seca variando de 13 a 24% (de Faria, 1970; Corsi, 1972; Ghelfi Filho, 1972; Tosi, 1972). Estudos preliminares sobre as variedades Cameron, Vruckwona e A-241 cortadas aos 79 e 139 dias de crescimento vegetativo (de Faria et alii, 1970) haviam indicado na mesma Instituição teores de matéria seca compreendidos entre 9 e 22%.

A similaridade dos teores de matéria seca entre as plantas estudadas nos diferentes estádios de maturidade ocorreu apesar de ser a metodologia de campo não indicada para a comparação de variedades. Esse fato associado à semelhança entre os valores de matéria seca determinados no presente trabalho com outros apresentados por diferentes autores, permite sugerir que a alta concentração de umidade é uma característica inerente à espécie Pennisetum purpureum, Schum).

5.2. Ácidos orgânicos e poder tampão

A apreciação dos dados relativos à composição em ácidos orgânicos das quatro variedades de capim Elefante estudadas deve ser realizada com cuidado, já que os valores determinados foram afetados pela metodologia de laboratório, resultado em coeficientes de variação bastante elevados (entre 15% e 69%) na análise de variância. De acordo com Pimentel Gomes (1970), coeficientes de variação elevados indicam

que os dados coletados não apresentam precisão suficiente para se efetuar uma apreciação cuidadosa da análise estatística. Entretanto, o aparecimento de significância em algumas das fontes de variação testadas na análise de variância, permite que se obtenha indicações dos efeitos de maturidade sobre a fração de ácidos orgânicos da planta forrageira.

O método de extração utilizado na análise de ácidos orgânicos no presente trabalho, apresentou um pequeno tempo de contacto do etanol com a amostra. Wang e Waygood (1962) recomendam um aquecimento em refluxo por tempo de 3 horas com etanol 80% e Clark (1969) recomendou 6 horas de extração para a fração ácidos orgânicos com etanol 80%. No estudo em questão, o tempo de extração não ultrapassou 30 minutos, e assim, sugere-se aumentar o tempo de extração para trabalhos futuros com gramíneas tropicais.

Além dos aspectos já citados, a determinação de ácidos orgânicos foi também prejudicada pela metodologia de campo, já que são compostos químicos que podem ser metabolizados após o corte da planta forrageira (Hirst e Ramstad, 1957; McPherson e Slatter, 1969; Melvin e Simpson, 1963 e Melvin, 1965). Por ocasião da amostragem efetuada em cada estágio de maturidade, adotou-se o critério de cortar os quatro blocos de uma variedade para então promover o corte da seguinte. Como a atividade de coleta da forragem em cada variedade era demorada (aproximadamente 1 hora), a diferença de tempo entre o 1.º bloco cortado na primeira variedade e o último da quarta variedade foi excessivamente longo. Trabalhos posteriores deverão ser realizados através do corte do 1.º bloco das 4 variedades para então passarmos ao 2.º bloco e assim por diante. A adoção de uma sistemática diferente de

corde permitiria identificar possíveis diferenças entre a composição em ácidos orgânicos das variedades estudadas.

Face aos problemas anteriormente citados, os valores determinados para os ácidos orgânicos das variedades de capim Elefante devem ser considerados como preliminares e poderão servir de base para estudos futuros, já que não foram encontradas referências bibliográficas sobre a determinação destes compostos orgânicos em variedades de capim Elefante.

Os principais ácidos orgânicos identificados e quantificados no presente estudo foram cítrico, málico e fumarico. O cromatograma também indicou misturas inseparáveis de succínico e pirúvico, que foram somente identificados sob o ponto de vista qualitativo. Este fato ocorreu porque esses ácidos apareciam em quantidades mínimas. A análise dos dados obtidos, permitiu calcular que os ácidos não quantificados perfaziam, em conjunto, entre 8 e 28% do total.

A análise dos cromatogramas revelou a presença de três ácidos orgânicos que não puderam ser identificados devido ao fato de não se dispor no laboratório de padrões. Entretanto, pode-se supor, que os ácidos presentes poderiam ser o aconítico (cis e trans), o quínico e o shikímico. Esta suposição pode ser também fundamentada no fato de que diferentes autores (Holton e Noll Jr., 1955; McPherson et alii, 1957; Hirst e Ramstad, 1957; Freeman, 1967) detectaram estes três ácidos em plantas forrageiras cultivadas em regiões de clima temperado.

Os ácidos não identificados, que apresentaram um Rf abaixo do cítrico para o cromatograma levado a efeito com

solvente butanol-ácido acético-água (4:1:0,5 V/V) representaram, sob o ponto de vista quantitativo, uma grande parcela do total de ácidos orgânicos das plantas forrageiras. A observação dos dados coletados permite verificar que eles representaram de 29 a 68% do total de ácidos presentes nas plantas.

O comportamento da composição de ácidos não identificados com a maturidade não foi a mesma para todas as variedades mas, a tendência geral foi de diminuição. Esta observação está de acordo com o publicado por Jones e Barnes (1967) após estudarem a composição em ácidos orgânicos não voláteis de espécies forrageiras de clima temperado - Martin (1970) também obteve dados indicando redução nos teores de ácidos orgânicos com o desenvolvimento vegetativo da espécie Lolium perenne.

O total de ácidos orgânicos presentes nas quatro variedades de capim Elefante mostrou um comportamento semelhante ao observado para os ácidos não identificados ou seja, as quantidades diminuíram com a maturidade da planta. As quantidades detectadas variaram de 1,10 equivalentes-miligrama na variedade Cameron aos 67 dias de crescimento vegetativo a 3,95 equivalentes-miligrama na variedade Vruckwona aos 37 dias de desenvolvimento. Estas quantidades são relativamente inferiores do que as observadas por pesquisadores de clima temperado, já que Hirst e Ramstad (1957) obtiveram valores de 3,49% na matéria seca para "perennial ryegrass", McPherson et alii (1957) publicaram valores de 2,8% na matéria seca também para "perennial ryegrass". Além desses autores, Freeman (1967) também obteve dados mostrando uma maior concentração de ácidos orgânicos nos tecidos vegetais, ob-

tendo valores de 55,7 equivalentes-miligramas/100 gramas de matéria seca para "Italian ryegrass".

Não se pode considerar, face aos resultados obtidos no presente trabalho, que as espécies forrageiras cultivadas em regiões tropicais e subtropicais talvez apresentem teores mais baixos de ácidos orgânicos. O fato talvez possa ser consequência da metodologia usada, já que as amostras foram congeladas cerca de 6 horas após o corte e, inúmeros trabalhos indicaram que os ácidos orgânicos são metabolizados após a colheita da planta forrageira (McPherson e Slat-ter, 1959; Melvin e Simpson, 1963 e Melvin, 1965). Outro fator associado à sistemática empregada, que pode ter diminuído os teores diz respeito ao fato de que os extratos obtidos para a análise cromatográfica não indicaram sais orgânicos insolúveis dos ácidos orgânicos considerados. Smith (1962) e Whittenbury et alii (1967) relataram que os sais de ácidos orgânicos perfazem grande proporção de fração orgânica das plantas forrageiras.

Outros fatores também poderiam ter contribuído para uma possível diminuição nas quantidades de ácidos orgânicos. Trabalhos experimentais (Yulin e Miller, 1961; Clark , 1968 e Burns et alii, 1968) tem indicado que a adubação pode concorrer para diminuir a concentração de ácidos nos tecidos das plantas e, no presente estudo os níveis de adubação empregados foram bastante elevados. Para efeito de comparação deve se considerar que a Coordenadoria de Assistência Técnica Integral da Secretaria de Agricultura de São Paulo (Roston e Scalgo, 1973) recomenda por hectare as seguintes quantidades de nutrientes: 100 kg de N, 120 kg de P_2O_5 e 80 kg de K_2O . As quantidades de adubo aplicadas para a obtenção de

crescimentos e produtividade máximas foram equivalentes a: 300 kg de N, 200 kg de P_2O_5 e 100 kg de K_2O /ha.

Os ácidos cítrico, málico e fumárico parecem ser os principais compostos das plantas estudadas. Os dados que se seguem indicam a proporção relativa da soma dos três ácidos em relação ao total determinado.

<u>Variedade</u>	<u>% em relação ao total de ácidos</u>		
	<u>37 dias</u>	<u>67 dias</u>	<u>97 dias</u>
Cameron	43,0	42,6	41,3
Vruckwona	31,1	37,5	44,8
A-148	41,8	40,1	42,6
A-241	46,9	44,0	43,3

Estas observações estão de acordo com trabalhos experimentais desenvolvidos em espécies forrageiras típicas de clima temperado. Playne e MacDonald (1966) observaram que dentre os ácidos que fazem parte da composição química das plantas forrageiras européias, o málico e o cítrico perfazem cerca de 77% do total.

Whittenbury et alii (1967) em uma revisão bibliográfica sobre os aspectos bioquímicos relacionados com a ensilagem, relataram que os ácidos málico e cítrico são os mais comuns nas plantas forrageiras. Hirst e Ramstad (1957) obtiveram dados mostrando que os ácidos málico e cítrico como os mais abundantes em extratos de Lolium sp. Playne et alii (1967) detectaram dois ácidos orgânicos não identificados e o málico em Phleum pratense ao passo que Playne e McDonald (1966) determinaram em Lolium perene os ácidos cítrico e málico como os principais constituintes.

O esquema que se segue avalia a proporção relativa e individual dos ácidos cítrico, málico e fumárico em relação ao total de ácidos detectados nas variedades de capim Elefante:

Variedade	% em relação ao total identificado								
	37 dias			67 dias			97 dias		
	C	M	F	C	M	F	C	M	F
Cameron	19,9	11,1	12,0	17,2	16,3	9,1	16,2	19,2	5,9
Vruckwona	11,2	9,6	8,3	15,5	17,1	4,9	23,4	16,4	5,0
A-148	18,5	10,8	12,5	17,3	15,7	7,1	20,3	16,5	5,8
A-241	19,7	16,0	11,2	17,4	19,8	6,8	22,0	14,7	6,8

C: ácido cítrico M: ácido málico F: ácido fumárico

A análise estatística revelou não haver diferenças nos valores de poder tampão das diferentes variedades, indicando assim também uma grande semelhança entre elas. Entretanto, a maturidade diminuiu, em 60 dias de crescimento vegetativo, cerca de 35% do poder tampão das amostras de capim Elefante. Esta tendência esta de acordo com o observado por de Faria (1971) que relatou que para a variedade Napier com a redução de 66% em 70 dias de desenvolvimento da planta. Trabalhando com plantas forrageiras européias, Greenhill (1964) também obteve dados mostrando diminuição no poder tampão com a maturidade das plantas ao passo que Playne (1963) notou redução de cerca de 50% no poder tampão do sorgo doce quando a planta passou do estágio de pré-floração para os grãos duros.

A redução no poder tampão com a maturidade da planta tem sido atribuída à diminuição que se observou na

quantidade de ácidos orgânicos e sais de ácidos orgânicos nos tecidos vegetais (Playne, 1963 e Greenhill, 1964). As altas e positivas correlações (entre 0,8 e 0,97) observadas no presente estudo entre a quantidade de ácidos orgânicos e o poder tampão indicam que estes dois parâmetros apresentam a mesma tendência de declínio com o desenvolvimento vegetativo da planta. Essas correlações poderia servir também de indicação de que os ácidos orgânicos são os principais componentes dos tampões das plantas forrageiras. Playne e McDonald (1966) e Whittenbury et alii (1967) relataram que os ácidos orgânicos são as entidades químicas responsáveis pela resistência ao abaixamento do pH nos silos.

Os valores do poder tampão, expressos em equivalentes-miligramas de ácido clorídrico por 100 gramas de matéria seca, podem ser considerados como relativamente elevados no primeiro estágio de maturidade (37 dias) já que se enquadra dentro dos limites de 38 a 49. Esta tendência concorda com aquela relatada por de Faria (1971) que trabalhando com a variedade Napier comum e utilizando o ácido láctico como titulante, obteve dados indicando valores elevados de capacidade tampão, em relação a valores publicados para plantas forrageiras de clima temperado. tomando-se como base dados obtidos com o ácido clorídrico, pode-se notar que o poder tampão aos 67 e aos 97 dias de crescimento vegetativo foi baixo já que o valor mínimo se aproxima de 13 e o máximo de 17 equivalente-miligramas por 100 gramas de matéria seca. Playne e McDonald (1966) estudando um grande número de espécies forrageiras cultivadas na Inglaterra obtiveram valores entre 24 e 69 equivalentes miligramas por 100 gramas de matéria seca e Playne (1963) trabalhando com sorgo, relatou

dados entre 17 e 43 equivalentes miligramas de ácido clorídrico por 100 g de M.S. Poderia também sugerir que o baixo poder tampão dessa espécie forrageira foi devida ao baixo teor de ácidos orgânicos encontrados em nossas análises.

Tosi (1973) em um trabalho pioneiro sobre o poder tampão de forragens cultivadas em São Paulo, relatou para as variedades A-148, com 97 dias, valores de 13,3 e 15,2 equivalentes miligramas por 100 g de M.S., que se aproximam daqueles obtidos no presente trabalho para os segundo e terceiro estádios de maturidade.

5.3. Carboidratos solúveis

O teste levado a efeito para avaliar a capacidade de extração dos açúcares solúveis de tecidos vegetais revelou que o etanol e a água aquecidos em banho maria foram mais eficientes que a água utilizada à temperatura ambiente. Estas observações estão de acordo com os resultados relatados por Loosmis e Schull (1937), Smith et alii (1964) e Smith (1971), que trabalharam com plantas forrageiras características de regiões temperadas. Entretanto, deve-se dar ênfase ao fato de que as diferenças quantitativas foram relativamente pequenas, não ultrapassando 1,1 unidades percentuais, quando as médias dos três extratores foram considerados. Tomando-se como base o índice 100 para o teor relativo ao extrator etanol aquecido, a água a temperatura ambiente seria capaz de retirar cerca de 91% dos carboidratos presentes e, água aquecida 98%.

A pequena diferença observada entre os teores de carboidratos determinados com os três extratores permite sugerir que o processo analítico que utiliza água a temperatura

ambiente, empregado por Balwani (1965) e por Johnson et alii (1966) pode ser adotado. Esta sugestão prende-se ao fato de que a metodologia é mais econômica e mais fácil de ser aplicada.

Os teores de carboidratos solúveis das variedades estudadas pode ser considerado como relativamente baixo, já que situam-se entre 9,5 e 14% na matéria seca, se for excluído o valor 18,6% determinado para a variedade A-148 aos 37 dias de crescimento vegetativo. De acordo com Keaney e Kennedy (1962) e com Johnson et alii (1971) existe a necessidade de um teor mínimo de 15% de carboidratos solúveis na matéria seca das plantas forrageiras para que haja uma fermentação adequada no ato de ensilagem.

Alguns fatores poderiam ter contribuído para a diminuição nos teores de carboidratos solúveis determinados para as quatro variedades de capim Elefante em estudo. O primeiro deles seria o longo período de tempo decorrido entre o corte e a colocação das amostras no congelador pois os açúcares são substâncias prontamente utilizadas para o metabolismo respiratório (White et alii, 1964 e Lehninger, 1970). Em segundo lugar, deve-se lembrar que as quantidades de adubos nitrogenados usados foram grandes e que Nowakowski (1962), Jones et alii (1965) e Nowakowski et alii (1965 e 1966) observaram que a adubação nitrogenada era responsável por reduções significativas nos teores de carboidratos solúveis. Finalmente, deve-se dar ênfase ao fato de que as amostras foram sempre colhidas no período da manhã e que diversos trabalhos experimentais (Kingsbury, 1966; Thaine, 1968 e Eagles, 1967) tem mostrado que a concentração de açúcares nos tecidos de plantas forrageiras é sempre maior no período da tarde.

Trabalhos experimentais levados a efeito junto à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" com a espécie Pennisetum purpureum tem indicado valores de carboidratos solúveis bastante próximos dos observados no presente estudo. Analisando a variedade Napier cortada com 51, 86 e 121 dias de crescimento vegetativo, de Faria (1971) obteve valores entre 8,9 e 14,1%. Tosi (1972) trabalhando com a variedade Napier cortada aos 80 dias encontrou 9,3% ao passo que com a variedade A-148 (Tosi, 1973) aos 97 dias obteve 11,4%. Determinações levadas a efeito por de Faria e Tosi (1971) revelaram uma concentração de carboidratos solúveis equivalente a 10,5% para a variedade Napier cortada aos 60 dias de crescimento vegetativo.

As determinações obtidas em outras instituições também revelam teores próximos de carboidratos solúveis. Condé e Gomide (1970) em Viçosa estudando a variedade A-146 cortada em diferentes idades que variaram de 84 a 168 dias, detectou teores entre 12,4 e 15,7% na matéria seca. Farias e Gomide (1972) na mesma instituição trabalharam com capim Elefante apresentando entre 15 e 29% de matéria seca e teores de carboidratos solúveis próximos de 8% na matéria seca.

Face aos resultados obtidos, pode-se sugerir que a relativamente baixa concentração de carboidratos na matéria seca seja uma característica da espécie Pennisetum purpureum. Este fato poderia ser atribuído ao crescimento extremamente vigoroso do capim Elefante a sua alta concentração de umidade, fazendo com que, em proporção relativa, os teores de nutrientes sejam baixos. Ghelfi Filho (1972) observou que a variedade Napier apresentou na época de crescimento intenso teor de matéria seca, proteína e fibra mais baixos que na

época seca e fria do ano, onde o desenvolvimento é lento.

A correlação negativa (-0,59) encontrada entre os teores de carboidratos solúveis e a porcentagem de matéria seca esta de acordo com as observações de que o teor de açúcar diminui com a maturidade da planta (Waite e Boyd, 1953 ; de Faria, 1968 e Edward et alii, 1968). Trabalhando com o capim Napier, de Faria observou reduções de aproximadamente 37% quando a planta passou de 51 para 127 dias de crescimento vegetativo, correspondendo a um declínio de aproximadamente 0,07 unidades percentuais por dia.

No presente trabalho, o efeito da maturidade sobre o teor de carboidratos solúveis foi diferente para cada uma das variedades consideradas. Sendo que o declínio com a maturidade só não foi característico para a variedade Cameron. Para a Vruckwona obteve-se uma redução de 22%, correspondendo a 0,05 unidades percentuais por dia de crescimento; para a A-148, o declínio foi de 30%, com uma queda de 0,09 unidades percentuais por dia e, para a A-241 a diminuição alcançou níveis de 10% com redução de 0,02 unidades percentuais por dia. Face a estes resultados, pode-se sugerir que existem algumas diferenças entre as variedades no que diz respeito aos carboidratos solúveis. Esta observação pode ser considerada independentemente da comparação direta entre variedades, que é difícil de ser realizada com a metodologia adotada.

O total de açúcares livres (glicose, frutose e sacarose) determinados no presente estudo foi inferior, de maneira geral, ao valor atribuído a fração carboidratos solúveis. Os dados que se seguem mostram a proporção relativa da

soma dos três açúcares em relação ao total de carboidratos solúveis determinados pelo método do fenol-sulfúrico.

Variedades	% em relação ao total		
	37 dias	67 dias	97 dias
Cameron	89,9	88,3	79,3
Vruckwona	79,4	74,7	101,7
A-148	81,6	91,8	96,9
A-241	72,8	60,4	89,6

As diferenças observadas poderiam ser atribuídas à presença de outros açúcares nos tecidos vegetais já que Hirst et alii (1959) e McDonald et alii (1966) identificaram melobiose, rafinose e estaquiose em plantas forrageiras de clima temperado, ao passo que Green e Beard (1969) identificaram frutanas e oligossacarídeos em Poa pratensis. Outro fator que poderia ter contribuído para as diferenças observadas seria a existência de amilose solúvel que corresponde a fração de carboidratos solúveis (Smith, 1971).

Na comparação entre o total de carboidratos solúveis e a soma dos carboidratos individuais, deve-se lembrar também que as frações foram determinadas por metodologia diferentes e que tanto num caso como no outro pode ter havido interferências de substâncias solúveis nos extratos e não classificadas como carboidratos.

A glicose e a frutose parecem ser os principais açúcares das variedades de capim Elefante estudadas, pois constituem sempre cerca de 95% do total de açúcares. Estas observações estão de acordo com o relatado por Whittenbury

et alii (1967) que em uma revisão sobre os aspectos bioquímicos da ensilagem, concluíram que a glicose e a frutose são os açúcares predominantes nas gramíneas cultivadas em climas temperados. Bathia et alii (1972) trabalhando com plantas do gênero *Pennisetum* verificaram que a glicose, a frutose e a sacarose eram os carboidratos solúveis mais importantes.

Os teores de frutose foram sempre mais elevados que os de glicose, em todos os estádios de maturidade e em todas as variedades estudadas. Este fato está de acordo com as observações levadas a efeito por Laidlaw e Reid (1952) para os gêneros *Lolium* e *Dactylis*. A ocorrência de teores de frutose mais elevados poderia ter um efeito desfavorável no aproveitamento das plantas para a ensilagem, pois em condições de alta umidade o açúcar pode ser fermentado por bactérias heteroláticas com a produção de manitol e menor quantidade de ácido láctico (Anderson e Jackson, 1970).

A predominância de frutose nas variedades de capim Elefante poderia ser um dos fatores responsáveis pela obtenção de algumas silagens de qualidade mais baixa (Davies, 1963; Condé et alii, 1969; Condé e Gomide, 1970 e de Faria, 1971). Por outro lado, a comparação de silagens de excelente qualidade como as obtidas por Tosi (1972) poderia ser um reflexo de alterações na composição dos açúcares presentes na planta, talvez com predominância de glicose. Estas considerações devem ser complementadas com as observações de Whytenbury et alii (1967) de que é bastante difícil caracterizar o tipo de fermentação ocorrida no silo tomando-se como base somente o tipo de açúcar predominante na planta forrageira.

O teor de frutose variou de 3,27 a 9,30% na matéria seca, sendo significativamente diminuído pela maturidade da planta. Os teores podem ser considerados elevados já que McKenzie e Wylam (1957) determinaram para gramíneas de clima temperado valores entre 0,4 e 28% na matéria seca para Lolium perenne.

A maturidade da planta não afetou o teor de glicose das variedades estudadas sendo que a variedade A-148 apresentou teores significativamente mais elevados nos dois estádios iniciais de desenvolvimento. Esta tendência foi também observada para os teores de frutose e carboidratos solúveis, de maneira a emitir uma sugestão de que existem diferenças entre as variedades no que diz respeito aos açúcares. Deve-se ressaltar novamente, que a metodologia usada não cria condições para que se faça comparações diretas entre as plantas estudadas.

As variedades de capim Elefante parecem ser mais ricas em glicose que outras espécies de clima temperado. O teor variou de 2,56 a 5,84% na matéria seca ao passo que Waite (1957) encontrou valores de 1 a 2% na matéria seca para "ryegrass", McKenzie e Wylam (1957) trabalhando com Lolium perenne obtiveram valores de 0,4 a 4% na matéria seca, enquanto Wylam (1953) obteve valores de 1,3% na matéria seca para "ryegrass".

O teor de sacarose determinado nos extratos alcoólicos das plantas estudadas foi bastante baixo, variando entre 0,42 e 0,79% na matéria seca. Trabalhando com gramíneas de clima temperado Wylam (1953) encontrou 6,2% na matéria seca, ao passo que Laidlaw e Reid (1952) obtiveram de 3,6 a 7,4% para Lolium perenne. O baixo teor de sacarose poderia

ser reflexo do período de 4 a 6 horas na qual as plantas foram trabalhadas antes de serem congeladas. O processo metabólico da planta cortada poderia ser responsável pela hidrólise de sacarose (Wylan, 1953) e pelo aumento dos teores de glicose e frutose. Entretanto, deve-se considerar que Melvin (1963) verificou que a hidrólise de sacarose em plantas cortadas era lento, havendo um total desdobramento em glicose e frutose somente após várias semanas. Para o processo da ensilagem não há prejuízos devido à hidrólise da sacarose, pois tanto a glicose como a frutose são substratos para a adição das bactérias homolácticas (Whittenbury et alii, 1967) com a ressalva feita anteriormente sobre a participação da frutose no processo fermentativo.

6. CONCLUSÕES

Em função dos resultados obtidos, as seguintes conclusões podem ser apresentadas:

1. As quatro variedades estudadas de capim Elefante apresentam baixo teor de matéria seca nos estágios iniciais de desenvolvimento, variando de 10,3% aos 37 dias até 12,4% aos 67 dias.

2. Os principais ácidos orgânicos identificados e quantificados foram cítrico, málico e fumárico, sendo que em relação ao total, a soma desses ácidos constituem cerca de 40%.

3. Houve redução significativa do poder tampão das plantas analisadas em função da maturidade da planta.

4. Correlações altas e positivas foram obtidas entre o poder tampão e o teor de ácidos orgânicos indicando que os ácidos orgânicos contribuem sensivelmente para o poder tampão dessas forrageiras.

5. Comparando-se os valores de poder tampão de gramináceas de clima temperado com os valores obtidos no presente trabalho, observa-se e conclui-se que são baixos os encontrados para capim Elefante.

6. O etanol e água aquecidos foram mais eficientes para extração de carboidratos solúveis dos tecidos vegetais das variedades de capim Elefante estudadas.

7. Os teores de carboidratos solúveis nas variedades de capim Elefante estudadas podem ser considerados baixos.

8. Foi encontrada uma correlação negativa e significativa entre os teores de carboidratos solúveis totais e a porcentagem de matéria seca, indicando que há uma redução no teor de açúcares com o desenvolvimento da planta.

9. O total de açúcares livres (glicose, frutose e sacarose) correspondem a maior porcentagem da fração de carboidratos solúveis, perfazendo de 60 a 90% desse valor.

10. Glicose e frutose são os principais açúcares livres das variedades de capim Elefante analisadas, pois constituem cerca de 95% do total de açúcares livres, sendo que o teor de frutose foi sempre maior do que glicose.

11. A maturidade da planta afetou o teor de frutose e não afetou o teor de glicose.

7. RESUMO

Amostras de quatro variedades de capim Elefante (Pennisetum purpureum, Schum): Cameron, Vruckwona, Taiwan A-148 e Taiwan A-241, colhidas em três estádios de maturidade (37, 67 e 97 dias) foram analisadas quanto aos teores de matéria seca, poder tampão, ácidos orgânicos, carboidratos solúveis totais, glicose, frutose, sacarose, ácidos cítrico, fumárico e málico. O delineamento experimental utilizado foi o de parcelas subdivididas, de modo que as parcelas representassem as variedades e as sub-parcelas, os três estádios de maturidade.

Observou-se não haver diferenças significativas entre as variedades estudadas quanto a porcentagem da matéria seca, sendo que esses teores (10,3% aos 37 dias, 12,4% aos

67 dias e 23,1% aos 97 dias) podem ser considerados como baixos e que talvez seja uma característica inerente à espécie Pennisetum purpureum, Schum.

O teor de matéria seca aumentou significativamente com a maturidade da planta indicando acúmulo de nutrientes e componentes estruturais como fibras e lignina.

O poder tampão em relação ao ácido clorídrico das quatro variedades de capim Elefante sofreu redução significativa com a idade da planta, acompanhando esta o teor de ácidos orgânicos totais. Os principais ácidos orgânicos identificados e quantificados foram cítrico, fumárico e málico, perfazendo a soma deles, cerca de 40% do total da fração de ácidos orgânicos. Encontrou-se uma variação de 1,1 equivalentes miligrama até 3,95 para o total de ácidos orgânicos. Correlações altas e positivas (entre 0,8 e 0,97) foram observadas no presente estudo entre a quantidade de ácidos orgânicos e o poder tampão, indicando que os ácidos orgânicos parecem ser importantes componentes dos tampões das plantas forrageiras.

Na comparação feita entre os extratores de carboidratos solúveis de tecidos vegetais observamos que o etanol e água aquecidos em banho-maria foram mais eficientes do que água à temperatura ambiente, embora deva-se ressaltar que as diferenças significativas foram relativamente pequenas, não ultrapassando 1,1 unidades percentuais, quando as médias dos três extratores foram considerados. Com exceção da variedade A-148 que aos 37 dias apresentou 18,6% na matéria seca de carboidratos solúveis totais, todos os outros valores obtidos situaram-se entre 9,5% e 14% na matéria seca, valores

esses que podem ser considerados baixos. O teor de carboidratos totais foi sensivelmente alterado com a idade da planta apenas para as variedades Vruckwona e A-148, sendo encontrada uma correlação negativa (-0,59) entre os teores de carboidratos solúveis e a porcentagem da matéria seca.

Os principais açúcares livres da fração de carboidratos solúveis foram a glicose, a frutose e a sacarose, sendo que glicose e frutose foram os principais açúcares livres, constituindo cerca de 95% do total de açúcares. O teor de frutose variou de 3,27 a 9,3% na matéria seca e foi significativamente reduzido pela maturidade da planta, sendo que o seu teor foi sempre maior do que glicose em todos os estádios de maturidade e em todas as variedades estudadas. O teor de glicose variou de 2,56 a 5,84% na matéria seca e o teor de sacarose está situado entre 0,42 e 0,79%.

8. SUMMARY

Four varieties of Elephant grass (Penisetum purpureum, Schum) named Cameron, Vruckwona, Taiwan A-148 and Taiwan A-241 were harvested at 37, 67 and 97 days of vegetative growth for the determination of dry matter, buffering capacity, total organic acids and soluble carbohydrates. It was also the composition in relation to glucose, fructose, sucrose as well as citric, fumaric and malic acids.

It was observed that dry matter increased significantly with maturity and that there were not significant differences in relation to varieties. The average dry matter contents were 10.3% at 37 days, 12.4% at 67 days and 23.14% at 97 days and these values were considered very low. It was suggest that this is an inherent characteristics of the species Pennisetum purpureum.

Total organic acids content decreased with maturity and the values determined ranged from 1.1 eq. mg to 3.95 eq. mg. The main identified acids were citric (from 0.19 to 0.74 eq. mg), fumaric (from 0.17 to 0.60 eq. mg) and malic (from 0.06 to 0.44 eq. mg) that represented up to 40% of the total acids. Buffering capacity to hydrochloric acids was low (from 13.43 to 48.18 eq. mg) and decreased with maturity. Positive correlations (from 0.80 to 0.97) were observed between organic acids contents and buffering capacity and this fact suggested that organic acids may be important components of forage plants buffers.

It was observed that hot ethanol and hot water were more efficient for the extraction of carbohydrates from plant tissues than water at ambient temperature but the differences were small, ranging from 0.24 to 1.1 percentual unities. With the exception of A-148 variety that presented 18.6% soluble carbohydrate at 37 days, all other values determined were considered low and situated between 9.5 and 14.0% in a dry matter basis. Soluble carbohydrate contents of the Vruckwona and A-148 varieties significantly decreased with maturity and a negative correlation (-0.59) was observed between soluble carbohydrates and dry matter content.

Glucose, fructose and sucrose were the main soluble carbohydrates determined and glucose and fructose represented up to 55% of the total sugars. Fructose content decreased with maturity and the values ranged from 3.2% to 9.3% in the dry matter. Fructose contents were higher than glucose in all the stages of maturity studied. Glucose contents ranged from 2.5% to 5.8% and sucrose from 0.4 to 0.7% in the dry matter.

9. LITERATURA CITADA

- ALBERDA, T.H. 1957. The effects of cutting, light intensity and night temperature on growth and soluble carbohydrate content of Lolium perenne L. Plant and Soil, 8: 199.
- ALBERDA, T.H. 1965. The influence of temperature, light intensity, and nitrate concentration on dry matter production and chemical composition of Lolium perenne L. Neth. J. Agric. Sci., 13: 335.
- ANDERSON, B.K. and N. JACKSON. 1970. Conservation of herbage of varying dry matter content in air-tight metal containers with reference to the carbohydrate fraction. J. Sci. Ed. Agric., 21: 228.

- A.O.A.C., 1960. Official Methods of Analysis. 9th ed.
Association of official agricultural chemists.
Washington. D.C.
- ARCHIBALD, J.G. 1955. Sugars and acids in grass silage.
J. Dairy Sci., 36: 385.
- ARZOLLA, J.D.P. e H.FONSECA. 1965. Cromatografia de açúcares.
Boletim Didático n.º 7. E.S.A. "Luiz de Queiroz". Piracicaba.
- ARZOLLA, J.D.P. e G.V.ARISTIZABAL. 1967. Análise cromatográfica quantitativa de ácidos orgânicos. Boletim Didático n.º 18. E.S.A. "Luiz de Queiroz". Piracicaba.
- BALASKO, J.A. and D.SMITH. 1971. Influence of temperature and nitrogen fertilization on the growth and composition of switchgrass (Panicum virgatum L.) and timothy (Phleum pratense L.) at anthesis. Agron. J., 63: 853.
- BALWANI, T.L. 1965. Soluble carbohydrates of the corn plant of different stages of maturity and their digestibility by rumen bacteria. M.S. Thesis, The Ohio State University, Columbus.
- BATEMAN, J.V. and G.DECKER. 1962. Production, analysis and acceptability by cattle of some varieties of Elephant grass (Pennisetum purpureum, Schum). Seleções Zootécnicas, 29: 23.
- BHATIA, F.S., S.RANGIL and S.DUA. 1972. Change in carbohydrates during growth and development of bajra (Pennisetum typhoides), Jowar (Sorghum vulgare), and Kangni (Sectaria italica), J. Sci. Fd. Agric., 8: 422.

- BOIN, C. 1968. Manejo de capineiras e produção de silagem .
(mimeografado) Seminário do Curso de Pós-Graduação
de Nutrição Animal e Pastagens. E.S.A. "Luiz de Quei-
roz", Piracicaba.
- BOIN, C., L. MELOTTI, B. H. SCHNEIDER e A. O. LOBÃO. 1968. Ensaio
de digestibilidade (aparente) de silagem de sorgo ,
de milho e de capim Napier. Boletim da Indústria Ani-
mal, 25: 175.
- BOUSSET, J., N. BOUSSET-FATIANOFF, P. GOUET e M. CONTREPOIS.
1974. "Gnotoxemic" silage from fodder. 2. Breakdown
of carbohydrates and fermentation metabolism in
"gnotoxenic" silages of lucerne, fescue and ryegrass.
Herbage Abs., 44: 8.
- BROWN, R. H. and R. E. BLASER. 1970. Soil moisture and temperature
effects on growth and soluble carbohydrates of orchard
grass (Dactylis glomerata) Crop Sci., 10: 213.
- BURNS, J. C., C. H. NOLLER and C. L. RHYKERD. 1964. Influence of
method of drying on the soluble carbohydrate content
of alfafa. Afron. J., 56: 364.
- BURNS, J. C., C. H. NOLLER, C. L. RHYKERD and T. S. Rumney. 1968.
Influence of fertilization on some organic acids in
alfafa (Medicago sativa) Crop Sci., 8: 1.
- CATANI, R. A. e A. O. JACINTHO. 1974. Análise química para ava-
liar a fertilidade do solo. Boletim Didático-Cientí-
fico, n.º 37. E.S.A. "Luiz de Queiroz". Piracicaba.
- CLARK, R. B. 1968. Organic acids of maize (Zea mays L.) as
influenced by mineral deficiencies. Crop Sci., 8: 165.

- CLARK, R.B. 1969. Organic acids from leaves of several crop plants. *Crop Sci.*, 9: 341.
- CONDÉ, A.R., J.A.GOMIDE e M.L.TAFURI. 1969. Silagem de capim Elefante: efeito da idade de corte e adição de fubá. (mimeografado) VI.^a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Belo Horizonte.
- CONDÉ, A.R. e J.A.GOMIDE. 1970. Efeito da adição de fubá sobre a ensilagem do capim Elefante. *Anais da VII.^a Reunião Anual da S.B.Z. Piracicaba.*
- CORSI, M. 1972. Estudo da produtividade e do valor nutritivo do capim Elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum), variedade Napier submetido a diferentes frequências e alturas de corte. Tese de Doutorado, E.S.A. "Luiz de Queiroz". Piracicaba.
- CROCOMO, O.J. 1970. Separação de compostos orgânicos de plantas (mimeografado). Curso de Metodologia de Radioisótopos. CENA. Piracicaba.
- DAVIES, T. 1963. Fodder conservation in Northern Rhodesia. *The J. of Agric. Sci.*, 61: 309.
- DE FARIA, V.P. 1968. Effect of maturity on composition and digestibility of a bird resistant grain sorghum. M.S. Thesis. The Ohio State University, Columbus.
- DE FARIA, V.P. 1970. Efeito da maturidade da planta e diferentes tratamentos sobre a ensilagem do capim Elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum), variedade Napier. Tese de Doutorado. E.S.A. "Luiz de Queiroz". Piracicaba.

- DE FARIA, V.P. e H.TOSI. 1971. Uso da polpa de laranja fresca e seca como aditivos para a ensilagem do capim Napier (Pennisetum purpureum, Schum). Anais da VIII^a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Rio de Janeiro, GB.
- DE VUYST, A. e M.VANBELLE. 1969. Los principios basicos de la conservacion de los alimentos por el ensilado. Zootecnia, 18: 41.
- DEWAR, W.A., P.MCDONALD and R.WHITTENBURY. 1963. The hydrolysis of grass hemicelluloses during ensilage. J. Sci. Fd. Agric., 14: 411.
- DOWTON, W.J.S. 1970. Preferential C₄-dicarboxylic acid synthesis the post-illumination CO₂ burst, carboxyl-transfer step, and grana configurations in plants with C₄-photosynthesis. Can. J. Bot., 48: 1975.
- DUBOIS, M., K.A.GILLES, J.K.HAMILTON, P.A.REBERS and F.SMITH. 1956. Colorimetric Method for determination of sugars and related substances. Anal. Chem., 28: 350.
- EAGLES, C.F. 1967. Diurnal variation of carbohydrates in cocksfoot (Dactylis glomerata). J. Sci. Fd. Agric., 18: 186.
- EDWARDS, P.A., E.DONALDSON and A.W.MACGREGOR. 1968. Ensilage of wholecrop barley. I. Effects of variety and stage of growth. J.Sci. Fd. Agric., 19: 656.
- EVANS, H.J. and J.SORGER. 1966. Role of mineral elements with emphasis on univalent cations. Ann. R. Plant Phys., 17: 47.

- FALKOWSKI, M. and I. KUKULKA. 1974. The relation between the rate of nitrogen application and the contents of nitrate, carbohydrates and pigment in pasture grasses. *Herbage Abs.*, 44: 16.
- FARIAS, J. e J. A. GOMIDE. 1972. Efeito de Pré murchamento e da adição de raspa de mandioca sobre as características da solagem de capim Elefante em diferentes teores de matéria seca. Anais da IX^a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Viçosa.
- FONSECA, J. B., J. CAMPOS e J. H. CONRAD. 1965. Estudos de digestibilidade de forrageiras pelo processo convencional. *Experientiae*, 5: 43.
- FREEMAN, G. G. 1967. Studies on potassium nutrition of plants. II. Some effects of potassium deficiency on the organic acids of leaves. *J. Sci. Fd. Agric.*, 18: 569.
- GARCIA RIVERA, I. and M. P. MORRIS. 1955. Oxalate content of tropical forage grasses. *Herbage Abs.*, 26: 172.
- GHELFI FILHO, H. 1972. Efeito da irrigação sobre a produtividade do capim Elefante (Pennisetum purpureum, Schum) variedades Napier. Tese de Doutorado. E.S.A. "Luiz de Queiroz". Piracicaba.
- GREEN, D. G. and J. B. BEARD. 1969. Seasonal relationship between nitrogen nutrition and soluble carbohydrates in leaves of Agrostis palustris Huds., and Poa pratense L. *Agron. J.*, 61: 107.
- GREENHILL, W. L. 1959. The respiration drift of harvested pasture plants during drying. *J. Sci. Fd. Agric.*, 10: 495.

- GREENHILL, W.L., J.F. COUCHMAN and J. DE FREITAS. 1961. Storage of hay. III. Effect of temperature and moisture on loss of dry matter and changes in composition. *J. Sci. Fd. Agric.*, 12: 293.
- GREENHILL, W.L. 1964. The buffering capacity of pasture plants with special reference to ensilage. *Aust. J. Agric. Res.*, 15: 511.
- GUERREIRO, R., H.W. FASSBENDER y J. BLYDENSTEIN. 1970a. Fertilización del pasto Elefante (Pennisetum purpureum, Schum) en Turrialba, Costa Rica. I. Efecto de dosis crecientes de nitrógeno. *Turrialba*, 20: 53.
- GUERREIRO, R., H.W. FASSBENDER y J. BLYDESTEIN. 1970b. Fertilización del pasto Elefante (Pennisetum purpureum, Schum) en Turrialba, Costa Rica. II. Efecto de combinaciones nitrógeno-fósforo. *Turrialba*, 20: 59.
- HATCH, M.D., C.R. SLACK and H.S. JOHNSON. 1967. Further studies on a new pathway of photosynthetic carbon dioxide fixation in sugar cane and its occurrence in other plant species. *Biochem. J.*, 102: 417.
- HATCH, M.D. and C.R. SLACK. 1970. Photosynthetic CO₂-fixation pathways. *Ann. R. Plant Phys.*, 21: 141.
- HIRST, E.L. and S. RAMSTAD. 1957. Changes in organic acid content of perennial ryegrass during conservation. *J. Sci. Fd. Agric.*, 8: 727.
- HIRST, E.L., D.J. MACKENZIE and C.B. WYLAM. 1959. Analytical studies on the carbohydrates of grasses and clovers. IX. Changes in carbohydrate composition during growth of lucerne. *J. Sci. Fd. Agric.*, 10: 19.

- HOLT, D.A. and A.R.HILST. 1969. Daily variation in carbohydrate content of selected forage crops. *Agron. J.*, 61: 239.
- HOLTON, R.W. and C.R.NOLL JR. 1955. A survey of the non-volatile organic acids in seedling of some grasses and legumes. *Plant Phys.*, 30: 384.
- HUGHES, A.D. 1970. The non-volatile nitrogen composition of grass silages. *The J. of Agric. Sci.*, 75: 421.
- HULME, A.C. and A.RICHARDSON. 1954. The non-volatile organic acids of grasses. *J. Sci. Fd. Agric.*, 5: 221.
- HUNTER, R.A., B.L.MCINTYRE and R.J.MCILROY. 1970. Water-soluble carbohydrates of tropical pasture grasses and legumes. *J. Sci. Fd. Agric.*, 21: 400.
- JOHNSON, R.N., T.L.BALWANI, L.L.JOHNSON, K.E.MCCLUE and B.A.DEHORITY. 1966. Corn plant maturity. II. Effect on in vitro cellulose digestibility and soluble carbohydrate content. *J. Animal. Sci.*, 25: 617.
- JOHNSON, R.R., V.P.DE FARIA and K.E.MCCLUE. 1971. Effects of maturity on chemical composition and digestibility of bird resistant sorghum plants when fed to sheep as silage. *J. Animal Sci.*, 33: 1102.
- JONES, D.I.H. 1962. Note on the pre-treatment of herbage samples for determination as soluble carbohydrate constituents. *J. Sci. Fd. Agric.*, 13: 83.
- JONES, D.I.H., G.GRIFFITH and R.J.K.WALTERS. 1965. The effect of nitrogen fertilizer on the water-soluble carbohydrate content of grasses. *The J. of Agric. Sci.*, 64: 323.
- JONES, E.C. and R.J.BARNES. 1967. Non-volatile organic acids of grasses. *J. Sci. Fd. Agric.*, 18: 321.

- KEARNEY, P.C. and W.K.VERNEDY. 1962. Relationship between losses of fermentable sugars and changes of organic acids in silage. *Sponony J.* 54: 114.
- KINGSBURY, L.R. 1966. Pasture quality in terms of soluble carbohydrates and volatile fatty acids production. *Herbage Abs.*, 36: 33.
- LAIDLAW, R.A. and S.G.REID. 1952. Analytical studies on the carbohydrates of grasses and clovers. I. Development of methods for the estimation of the free sugars and fructosan contents. *J. Sci. Fd. Agric.*, 3: 19.
- LECHTENBERG, V.L., D.A.HOLT and H.W.UOUNGBERG. 1972. Diurnal variation in nonstructural carbohydrates of Festuca arundinacea with and without nitrogen fertilizer. *Agron. J.*, 64: 302.
- LECHTENBERG, V.L., D.A.HOLT and H.W.YOUNGBERG. 1973. Diurnal variations in nonstructural carbohydrates of Sorghum sudanese as influenced by environment. *Agron. J.*, 65: 579.
- LECHTENBERG, V.L. 1973. Diurnal variation in various nonstructural carbohydrates of alfafa (Medicago sativa), tall fescue (Festuca arundinacea) and sudangrass (Sorghum sudanese). *Herbage Abs.*, 43: 241.
- LEHNINGER, A.L. 1970. Biochemistry. Worth Publishers, New York.
- LIMA, F.P., D.MARTINELLI, H.J.SARTINI, M.F.PERES JR. e P.BIONDI. 1969. Pestejo competitivo entre 4 gramíneas tropicais em latossolo roxo, na engorda de bovinos de raça Nelore. *Boletim da Indústria Animal.*, 26: 189.

- LITTLE, S., J. VICENTE CHANDLER and F. SBURIA. 1969. Yield and protein control of irrigated Napier Grass. Guinea grass and Pangola grass as affected by nitrogen fertilization. *Agron. J.*, 51: 111.
- LOOMIS, W.E. and C.A. SCHULL. 1937. "Methods in Plant Physiology" McGraw Hill, New York.
- LUCCI, C.S., C. BOIN e A.O. LOBÃO. 1968. Estudo comparativo das silagens de Napier, de milho e de sorgo, como únicos volumosos para vacas em lactação. *Boletim da Indústria Animal*, 25: 161.
- LUCCI, C.S., G.L. ROCHA e E.B. KALIL. 1969. Produção de leite em pastos de capim fino (Brachiaria mutica) e de capim Napier (Pennisetum purpureum, Schum). *Boletim da Indústria Animal*, 26: 173.
- MACKENZIE, D.J. and CLARE B. WYLAM. 1957. Analytical studies on the carbohydrates of grasses and clovers. VIII. Changes in carbohydrate composition during the growth of perennial ryegrass. *J. Sci. Fd. Agric.*, 8: 38.
- MACPHERSON, H.I., C.B. WYLAM and S. RAMSTAD. 1957. Changes in carbohydrate, nitrogen and organic acid distribution in grass preserved with sodium metabisulphite. *J. Sci. Fd. Agric.*, 8: 732.
- MACPHERSON, H. T. e J.S. SLATER. 1959. Gama-amino-n-butyrico, aspartic, glutamic and pyrrelidonecarboxylic acid; Their determination and occurrence in grass during conservation. *Biochem. J.*, 71: 654.
- MAHLER, H.R. and E.H. CORDES. 1971. Biological Chemistry. 2nd ed. Harper & Row Publishers, New York.

- MANARA, N.T.F. 1973. Citogenética de variedades de capim Elefante (Pennisetum purpureum, Schum). Tese de M.S. , E.S.A. "Luiz de Queiroz", Piracicaba.
- MARTINS, Z. 1964. Capim Elefante (Pennisetum purpureum, Schum) Zootecnia, 2: 33.
- MARTIN, A.K. 1970. Effect of stage of maturity of perennial rye-grass on its content of some organic acids and phenolic compounds. J. Sci. Fd. Agric., 21: 496.
- MCDONALD, P. and D.PURVES. 1956. Effects of the addition of molasses on the composition and digestibility of fields silages. J. Sci. Fd. Agric., 7: 189.
- MCDONALD, P. and A.R.HENDERSON. 1967. Buffering capacity of herbage samples as a factor in insiling. J. Sci. Fd. Agric., 13: 395.
- MCDONALD, P., S.J.WATSON and R.W.WHITENBURY. 1966. The principles of ensilage. Edinburgh School of Agric. Miscellaneous Publication n.º 357.
- MELLOTTI, L. e C.S.LUCCI. 1969. Determinação do valor nutritivo dos capins Elefante Napier (Pennisetum purpureum, Schum) e fino (Brachiaria mutica), através de ensaio de digestibilidade (aparente) com carneiros. Boletim da Indústria Animal, 26: 275.
- MELLOTTI, L., E.L.CAIELLI e C.BOIN. 1970/71. Determinação do valor nutritivo de silagem de capim Elefante Napier (Pennisetum purpureum, Schum) através de ensaio de digestibilidade (aparente) com ovinos. Boletim da Indústria Animal, 27/28: 223.

- MELOTTI, L. e J.V.S.PEDREIRA. 1970/71. Determinação do valor nutritivo dos capins Elefante Napier (Pennisetum purpureum, Schum) e Guatemala (Tripsacum laxum, Nash) em dois estádios de maturidade, através de ensaio de digestibilidade (aparente) com carneiros. Boletim da Indústria Animal, 27/28: 207.
- MELVIN, J.F. 1963. Storage of hay. IV. Affect of storage in nitrogen, on the soluble sugar and dry matter contents of ryegrass. J. Sci. Fd. Agric., 14: 281.
- MELVIN, J.F. and B.SIMPSON. 1963. Chemical changes and respiratory drift during the air drying of rye-grass. J. Sci. Fd. Agric., 14: 228.
- MELVIN, J.F. 1965. Changes in the non-volatile organic acids of ryegrass during air-drying. J. Sci. Fd. Agric., 16: 612.
- MOLLOY, L.F. 1969. Determination of trans-aconitic acid in forage grasses. J. Sci. Fd. Agric., 20: 238.
- NAUFEL, F., E.F.GOLDMAN, R.N.GUARAGNA, L.B.GAMBINI, W.N.SCOTT e E.B.KALIL. 1969. Estudo comparativo entre cana de açúcar e silagens de milho, sorgo e capim Napier na alimentação de vacas leiteiras. Boletim da Indústria Animal, 26: 9.
- NELSON, E.K. and H.HASSELBRING. 1931a. Some organic acids of wheat plants. J. Am. Chem. Soc., 53: 1040.
- NELSON, E.K. and H.HASSELBRING. 1931b. Some organic acids of wheat plants. J. Am. Chem. Soc., 53: 3046.

- NOWAKOWSKI, T.Z. 1962. Effects of nitrogen fertilizer on total nitrogen, soluble nitrogen and soluble carbohydrates content of grass. *The J. of Agric. Sci.*, 59: 387.
- NOWAKOWSKI, T.Z., R.K.CUNNINGHAM e K.F.NIELSON. 1965. Nitrogen fraction and soluble carbohydrates in italian ryegrass. I. Effects of soil temperature, form and level of nitrogen. *J. Sci. Fd. Agric.*, 16: 124.
- NOWAKOWSKI, T.Z. and R.K.CUNNINGHAM. 1966. Nitrogen fractions and soluble carbohydrates in italian ryegrass. II. Effects of light intensity, form and level of nitrogen. *J. Sci. Fd. Agric.*, 17: 145.
- OTERO, J.R. 1952. Informação sobre algumas plantas forrageiras. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional da Produção Animal.
- OTERO, J.R. 1961. Informações sobre algumas plantas forrageiras. Série Didática n.º 11. Serviço de Informação Agrícola. Rio de Janeiro.
- PACOLA, L.J., F.P.LIMA, O.O.DOS SANTOS e B.E.S.DE CAMPOS. 1972. Apetibilidade do capim Elefante (Pennisetum purpureum, Schum). *Boletim da Indústria Animal*, 29: 169.
- PEDREIRA, J.V.S. e C.BOIN. 1969. Estudo do crescimento do capim Elefante, variedade Napier (Pennisetum purpureum, Schum). *Boletim da Indústria Animal*, 26: 263.
- PEREIRA, R.M.A., D.J.SYKES, J.A.GOMIDE e G.T.VIDIGAL. 1966. Competição de dez gramíneas para capineiras no cerrado em 1965. *Revista Ceres*, 13: 141.
- PIMENTEL GOMES, F. 1970. Curso de Estatística Experimental. 4.^a ed. E.S.A. "Luiz de Queiroz". Piracicaba.

- PLAYNE, M.J. and P.MCDONALD. 1966. The buffering constituents of herbage and of silage. *J. Sci. Fd. Agric.*, 17: 264.
- PLAYNE, M.J. 1963. Buffering capacity of sweet sorghum: The effects of nitrogen content, growth stage and ensilage. *J. Sci. Fd. Agric.*, 14: 495.
- PLUT, L. e J.C.VERNER. 1967. Efeitos da época e da altura de corte sobre o teor de lignina de capim Elefante Napier. *Boletim da Indústria Animal*, 24: 175.
- RANSON, S.L. 1965. Plant Biochemistry. Academic Press, New York.
- RENDIG, V.V. and E.A.MCCOMB. 1961. Effect of nutritional stress on plant composition. II. Changes in sugar and amid nitrogen content of normal and sulfur-deficient alfafa during growth. *Plant and Soil*, 14: 176.
- ROSTON, A.J. 1970. *Nutrição Animal e Pastagens: produção de alimentos*. (mimeografado). Coordenadora de Assistência Técnica Integral. Divisão de Orientação Técnica, Campinas.
- ROSTON, A.J. e P.A.SCALGO. 1973. *Adubação de Pastagens* (mimeografado). Coordenadora de Assistência Técnica Integral. Divisão de Orientação Técnica, Campinas.
- SAFRAN, M. and J.L.PRADO. 1949. Inhibition of aconitase by trans-aconitic acid. *J. Biol. Chem.*, 180: 1301.
- SCHMIDT, R.E. and R.E.BLASER. 1967. Effect of temperature, light and nitrogen on growth and metabolism of Cohansey bent grass (Agrostis palustris). *Crop Sci.*, 7: 447.

- SCHMIDT, R.E. and R.E. BLASER. 1969. Effect of temperature, light and nitrogen on growth and metabolism of "tifgreen" bermudagrass (Cynodon spp). Crop Sci., 9: 5.
- SILVEIRA, A.C. 1970. Efeito da maturidade e diferentes tratamentos sobre a digestibilidade in vitro de silagens de capim Elefante (Pennisetum purpureum, Schum), variedade Napier. Tese de M.S. E.S.A. "Luiz de Queiroz", Piracicaba.
- SILVEIRA, A.C. 1971. Efeito da maturidade sobre a composição em fibra, celulose, lignina e sílica e digestibilidade "in vitro" de capim Napier (Pennisetum purpureum, Schum) e soja perene (Glycine wightii). Tese de Doutorado. E.S.A. "Luiz de Queiroz". Piracicaba, São Paulo. Brasil.
- STEEL, R.G.D. and J.H. TORRIES. 1960. Principles and Procedures of Statistics. McGraw Hill Co, New York.
- STOROZHENKO, V.A. 1973. Effect of environment factors on contents of water-soluble carbohydrates in pasture fodder. Herbage abs., 43: 241.
- SULLIVAN, J.T. and V.G. SPRAGUE. 1949. The effect of temperature on the growth and composition of the stubble and roots of perennial ryegrass. Plant Phys., 24: 706.
- TAKASHI, J., J.C. MOOMAW and J.C. RIPERTON. 1966. Studies on Napier grass. III. Growing Management. Hawaii Agr. Exp. Sta. Bulletin, 126.
- THAINE, R. 1968. Plant physiology in relation to the process of conservation. Herbage Abs., 38: 201.

- THAIPHANID, N. 1972. Effects of different rates of N on yield and quality of Napier (Pennisetum purpureum, Schum) and hybrid Napier (Pennisetum purpureophoids, P. typhoids x P. purpureum) grasses. *Herbage Abs.*, 43: 116.
- TOSI, H. 1972. Adição de diferentes níveis de melação sobre a ensilagem de capim Elefante (Pennisetum purpureum, Schum) variedade Napier. Tese de M.S., E.S.A. "Luiz de Queiroz", Piracicaba.
- TOSI, H. 1973. Ensilagem de gramíneas tropicais sob diferentes tratamentos. Tese de Doutorado. Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas de Botucatu, Botucatu.
- VIEIRA, L.M. e J.A.GOMIDE. 1968. Composição química e produção forrageira de três variedades de capim Elefante. *Revista Ceres*, 15: 244.
- WAITE, R. and J. BOYD. 1953a. The water soluble carbohydrates of grasses. I. Changes occurring during the normal life-cycle. *J. Sci. Fd. Agric.*, 4: 197.
- WAITE, R. and J. BOYD. 1953b. The water soluble carbohydrates of grasses. II. Grasses cut at grazing height several times during the growing season. *J. Sci. Fd. Agric.*, 4: 257.
- WAITE, R. 1957. The water soluble e carbohydrates of grasses. III. First and second year growth. *J. Sci. Fd. Agric.*, 8: 422.
- WANG, D.J., E.R. WAYGOOD. 1962. Carbon metabolism of C¹⁴ labeled aminoacids in wheat leaves. I. A pathway of glyoxylate-serine metabolism. *Plant Physiol.*, 37: 826.

- WATSCHKE, T.L., R.E.SCHMIDT and R.L.BLASER. 1970. Responses of some kentucky blue-grass to high temperature and nitrogen fertility. *Crop Sci.*, 10: 372.
- WATSCHKE, T.L., R.E.SCHMIDT, E.W.CARSON and R.E.BLASER. 1972. Some metabolic phenomena of kentucky blue-grass under high temperature. *Crop Sci.*, 12: 87.
- WERNER, J.C., F.P.LIMA, D.MARTINELLI e B.CINTRA. 1965/66. Estudo de diferentes alturas de corte em capim Elefante Napier. *Boletim da Indústria Animal*, 23: 161.
- WHITTENBURY, R.W., P.MCDONALD and D.G.BRYAN-JONES. 1967. A short review of some biochemical and microbiological aspects of ensilage. *J. Sci. Fd. Agric.*, 18: 41.
- WYLAM, C.B. 1953. Analytical studies on the carbohydrates of some grasses and clovers. III. Carbohydrate breakdown during wilting and ensilage. *J. Sci. Fd. Agric.*, 4: 527.
- YULIN, L. and G.W.MILLER. 1961. Chlorosis in higher plants as related to organic acid content. *Plant Physiol.*, 36: 415.

10. APÉNDICE

Quadro I. Matéria seca (M.S.) de quatro variedades de capim Napier, em três estádios de maturidade (37, 67 e 97 dias).

Variedades	37 dias	67 dias	97 dias
Cameron	10,59	11,01	20,43
	10,87	14,04	18,14
	11,01	13,30	22,05
	9,28	13,45	19,32
média:	10,44	12,95	19,99
Vruckwona	9,44	11,57	20,10
	10,13	12,35	20,58
	9,91	10,88	21,89
	10,11	11,22	22,05
média:	9,90	11,51	21,16
Taiwan A-148	9,04	12,06	18,19
	9,30	11,89	17,86
	7,70	11,99	19,67
	7,64	11,59	18,49
média:	8,42	11,88	18,55
Taiwan A-241	11,71	12,14	19,00
	11,80	14,06	19,32
	14,45	13,81	22,11
	12,01	13,30	21,07
média:	12,50	13,33	20,38

Análise de Variância

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	3	4,5247	1,5082	0,38
Variedades (V)	3	28,3484	9,4494	2,39
Resíduo A	9	35,5883	3,9542	
Parcelas	15	68,5883		
Estádios (E)	2	527,7913	268,8956	158,30*
Interação V x E	6	16,7491	2,7915	1,64
Resíduo B	24	40,7680	1,6986	
Total	47	595,3084		

*Significativo $p < 0,05$

Quadro II. Poder tampão de quatro variedades de capim Napier, em três estádios de maturidade (37, 67 e 97 dias), expresso em mili-equivalentes NaOH/100 g de matéria seca.

Variedade	37 dias	67 dias	97 dias
Cameron	36,81	15,85	14,27
	41,99	12,04	13,51
	36,91	16,56	12,24
	39,54	13,17	14,56
	média:	38,81	14,41
Vruckwona	41,43	18,93	14,61
	42,85	18,39	15,20
	38,25	14,85	14,09
	38,27	12,39	16,58
	média:	40,20	16,14
Taiwan A-148	35,27	13,96	12,24
	47,58	13,60	13,65
	47,18	14,27	12,89
	46,36	16,53	14,95
	média:	44,10	14,59
Taiwan A-241	44,96	16,58	12,90
	48,61	16,23	18,30
	47,42	13,73	12,39
	51,76	14,94	13,82
	média:	48,19	15,37

Análise de Variância

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	3	31,1489	10,3829	1,36
Variedades (V)	3	82,1292	27,3764	3,60
Resíduo A	9	68,4631	7,6070	
Parcelas	15	181,7412		
Estádios (E)	2	8485,8696	4242,9348	1578,18*
Interação V x E	6	230,0405	38,3400	14,26*
Resíduo B	24	64,5244	2,6885	
Total	47	8962,1757		

*Significativo $p < 0,05$

Quadro III. Ácidos orgânicos totais não voláteis de quatro variedades de capim Napier, em três estádios de maturidade, expresso em mili-equivalente por 100 g de M.S.

Variedades	37 dias	67 dias	97 dias
Cameron	3,19	1,07	0,90
	3,08	0,98	1,89
	2,74	1,20	1,05
	2,25	1,16	1,55
	média:	2,81	1,10
Vruckwona	3,87	2,21	1,37
	4,85	2,61	1,79
	3,99	2,19	1,31
	3,10	2,81	1,85
	média:	3,95	2,45
Taiwan A-148	5,20	0,85	1,43
	2,02	1,43	0,73
	4,02	1,10	0,93
	2,80	1,69	1,02
	média:	3,51	1,27
Taiwan A-241	3,27	1,66	1,41
	4,07	0,93	1,04
	4,52	1,95	1,25
	3,13	1,90	1,74
	média:	3,75	1,61

Análise de Variância

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	3	0,1151	0,0383	0,11
Variedades	3	5,6740	1,8913	5,27*
Resíduo A	9	3,2295	0,3588	
Parcelas	15	9,0186		
Estádios (E)	2	44,9088	22,4543	62,35*
Interação V x E	6	2,2431	0,3738	1,04
Resíduo B	24	8,6427	0,3601	
Total	47	64,8132		

*Significativo $p < 0,05$

Quadro IV. Ácido cítrico de quatro variedades de capim Napier em três estádios de maturidade, expresso em mili-equivalentes por 100 g de M.S.

Variedades	37 dias	67 dias	97 dias
Cameron	0,60	0,20	0,20
	0,68	0,17	0,31
	0,41	0,25	0,16
	0,55	0,15	0,24
	média:	0,56	0,19
Vruckwona	0,65	0,34	0,30
	0,51	0,42	0,43
	0,52	0,27	0,28
	0,41	0,51	0,47
	média:	0,52	0,38
Taiwan A-148	0,79	0,15	0,33
	0,87	0,27	0,15
	0,54	0,16	0,20
	0,43	0,31	0,16
	média:	0,65	0,22
Taiwan A-241	0,90	0,25	0,37
	0,97	0,20	0,20
	0,51	0,37	0,23
	0,60	0,30	0,40
	média:	0,74	0,28

Análise de Variância

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	3	0,0867	0,0289	8,30*
Variedades (V)	3	0,1041	0,0347	9,97*
Resíduo A	9	0,0313	0,00348	
Parcelas	15	0,2221		
Estádios (E)	2	1,2907	0,6453	39,59*
Interação E x V	6	0,1673	0,0279	1,71
Resíduo B	24	0,3908	0,0163	
Total	47	2,0709		

*Significativo $p < 0,05$

Quadro V. Ácido fumárico de quatro variedades de capim Napier em três estádios de maturidade, expresso em miliequivalentes por 100 g de M.S.

Variedades	37 dias	67 dias	97 dias
Cameron	0,50	0,18	0,19
	0,35	0,17	0,39
	0,19	0,13	0,17
	0,23	0,24	0,30
	média:	0,31	0,18
Vruckwona	0,42	0,40	0,19
	0,35	0,41	0,35
	0,47	0,53	0,21
	0,28	0,37	0,31
	média:	0,38	0,42
Taiwan A-148	0,55	0,17	0,20
	0,75	0,21	0,15
	0,47	0,15	0,21
	0,25	0,29	0,14
	média:	0,50	0,20
Taiwan A-241	0,69	0,34	0,17
	0,82	0,20	0,15
	0,40	0,35	0,20
	0,51	0,41	0,29
	média:	0,60	0,32

Análise de Variância

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	3	0,0346	0,0115	1,71
Variedades (V)	3	0,1173	0,0391	5,83*
Resíduo A	9	0,0610	0,0067	
Parcelas	15	0,2129		
Cortes (C)	2	0,4391	0,2195	15,68*
Interação C x V	6	0,2621	0,0436	3,11*
Resíduo B	24	0,3369	0,0140	
Total	47	1,2510		

*Significativo $p < 0,05$

Quadro VI. Ácido málico de quatro variedades de capim Napier, em três estádios de maturidade (37, 67 e 97 dias), expresso em mili-equivalentes/100 g M.S.

Variedades	37 dias	67 dias	97 dias
Cameron	0,50	0,09	0,07
	0,39	0,10	0,08
	0,21	0,11	0,06
	0,27	0,10	0,10
	média:	0,34	0,10
Vruckwona	0,37	0,14	0,06
	0,53	0,09	0,09
	0,25	0,11	0,06
	0,17	0,13	0,11
	média:	0,33	0,12
Taiwan A-148	0,50	0,07	0,05
	0,90	0,10	0,05
	0,22	0,06	0,06
	0,15	0,12	0,08
	média:	0,44	0,09
Taiwan A-241	0,55	0,12	0,10
	0,61	0,08	0,10
	0,23	0,13	0,08
	0,30	0,10	0,10
	média:	0,42	0,11

Análise de Variância

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	3	0,1343	0,0447	9,13*
Variedades (V)	3	0,0102	0,00340	0,694 M.P.
Resíduo A	9	0,0441	0,0049	
Parcelas	15	0,1886		
Estádios (E)	2	0,9254	0,4627	27,39*
Interação V x E	6	0,0323	0,0054	0,318
Resíduo B	24	0,4053	0,0169	
Total	47	1,5516		

*Significativo $p < 0,05$

Quadro VII. Ácidos orgânicos não identificados totais, com Rfa menor do que ácido cítrico, de quatro variedades de capim Napier, em três estádios de maturidade, expressos em mili-equivalentes por 100 g de M.S.

Variedades	37 dias	67 dias	97 dias
Cameron	1,30	0,25	0,24
	1,40	0,20	0,77
	1,70	0,45	0,40
	1,05	0,39	0,61
média:	1,36	0,32	0,50
Vruckwona	2,00	0,92	0,54
	3,13	1,25	0,68
	2,41	0,90	0,46
	1,79	1,30	0,59
média:	2,33	1,09	0,57
Taiwan A-148	2,68	0,25	0,59
	2,77	0,57	0,20
	2,31	0,50	0,25
	1,60	0,60	0,43
média:	2,34	0,48	0,37
Taiwan A-241	3,00	0,61	0,45
	3,34	0,20	0,32
	2,40	0,69	0,43
	1,50	0,81	0,65
média:	2,56	0,58	0,46

Análise de Variância

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	3	0,5172	0,1724	2,88
Variedades (V)	3	2,4014	0,8004	13,36*
Resíduo A	9	0,5392	0,0599	
Parcelas	15	3,4578		
Estádios (E)	2	27,5331	13,7665	86,74*
Interação V x E	6	2,4466	0,4077	2,57*
Resíduo B	24	3,8093	0,1587	
Total	47	37,2468		

*significativo p 0,05

a: relação entre a distância que a mancha percorreu e a distância que o solvente carimbou no papel.

Quadro VIII. Carboidratos solúveis totais de quatro variedades de capim Napier, em três estádios de maturidade, usando água a temperatura ambiente para extração, expressos em %/matéria seca.

Variedade	37 dias	67 dias	97 dias
Cameron	10,24	10,80	9,78
	9,88	9,68	9,78
	9,96	10,37	8,63
	11,28	11,43	11,45
	média:	10,34	10,57
Vruckwona	11,31	10,90	10,79
	12,84	11,29	11,38
	12,10	13,53	9,50
	11,50	12,51	10,36
	média:	11,94	12,06
Taiwan A-148	15,57	11,93	13,95
	13,51	12,04	12,82
	17,07	14,17	9,68
	17,93	13,84	12,73
	média:	16,02	13,00
Taiwan A-241	8,50	8,58	8,51
	8,67	10,56	8,99
	7,28	11,86	10,43
	8,72	11,04	10,86
	média:	8,29	10,51

Análise de Variância

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	3	7,4556	2,8452	3,19
Variedades (V)	3	99,7325	33,2441	42,67*
Resíduo A	9	7,0119	0,7791	
Parcelas	15	114,2000		
Estádios (E)	2	7,4602	3,7301	3,40*
Interação E x V	6	28,6513	4,7752	4,36*
Resíduo B	24	26,3013	1,0958	
Total	47	176,6128		

*Significativo $p < 0,05$

Quadro IX. Carboidratos solúveis totais de quatro variedades de capim Napier, em três estádios de maturidade (37, 67 e 97 dias), usando álcool quente para extração, expressos em %/M.S.

Variedades	37 dias	67 dias	97 dias
Cameron	10,62	12,19	12,19
	9,99	10,01	10,50
	12,32	12,10	10,78
	12,02	10,99	12,33
	média:	11,24	11,32
Vruckwona	13,46	10,08	10,18
	15,42	14,40	11,39
	14,05	16,29	10,92
	12,74	11,81	10,55
	média:	13,92	13,15
Taiwan A-148	18,04	11,55	12,93
	17,17	15,25	13,35
	20,54	12,67	11,54
	18,71	14,08	13,84
	média:	18,62	13,39
Taiwan A-241	9,04	8,67	8,97
	11,34	10,03	9,71
	11,32	13,92	7,90
	10,84	13,12	11,72
	média:	10,64	11,44

Análise de Variância				
Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	3	10,6673	3,5557	1,57
Variedades (V)	3	96,9277	32,3092	14,29*
Resíduo A	9	20,3429	2,2603	
Parcelas	15	127,9379		
Estádios (E)	2	32,6440	16,3220	11,78*
Interação V x E	6	39,2787	6,5464	4,72*
Resíduo B	24	33,3603	1,3858	
Total	47	233,1209		

*Significativo $p < 0,05$

Quadro X. Carboidratos solúveis totais de quatro variedades de capim Napier, em três estádios de maturidade, usando água quente para extração, expressos em %/matéria seca.

Variedades	37 dias	67 dias	97 dias
Cameron	10,91	12,89	10,57
	10,48	11,83	10,75
	12,15	12,22	9,92
	11,91	12,96	9,46
média:	11,36	12,47	10,17
Vruckwona	12,25	12,66	12,17
	13,47	12,25	9,58
	11,67	11,62	12,14
	11,61	11,65	11,82
média:	12,25	12,04	11,43
Taiwan A-148	16,65	11,70	12,17
	14,87	14,85	11,59
	19,75	15,24	10,71
	16,55	12,51	13,70
média:	16,95	13,57	12,04
Taiwan A-241	10,06	11,93	9,95
	9,98	15,10	10,55
	8,47	14,08	9,03
	10,34	12,55	10,94
média:	9,71	13,41	10,12

Análise de Variância

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	3	0,1759	0,0586	0,0337
Variedades (V)	3	52,3514	17,4504	10,06*
Resíduo A	9	15,6117	1,7346	
Parcelas	15	68,1390		
Estádios (E)	2	26,3601	13,1800	16,44*
Interação V x E	6	43,2160	7,2026	8,98*
Resíduo B	24	19,2373	0,8015	
Total	47	156,9524		

*Significativo $p < 0,05$

Quadro XI. Teor de sacarose em quatro variedades de capim Napier, em três estádios de maturidade (37, 67 e 97 dias), expressos em %/matéria seca (M.S.)

Variedades	37 dias	67 dias	97 dias
Cameron	0,76	1,20	0,72
	0,25	0,49	0,64
	0,62	1,12	0,65
	0,65	0,50	0,65
	média:	0,57	0,83
Vruckwona	0,37	0,26	1,54
	0,67	0,64	0,49
	0,10	0,38	0,62
	0,73	0,47	0,55
	média:	0,47	0,44
Taiwan A-148	0,29	0,74	0,77
	0,32	0,55	0,61
	0,57	0,43	0,59
	0,58	0,30	0,48
	média:	0,44	0,51
Taiwan A-241	0,75	0,26	0,65
	0,56	0,32	0,76
	0,42	0,73	0,67
	0,34	0,65	0,82
	média:	0,52	0,49

Análise de Variância

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	3	1,6341	0,5447	0,77
Variedades (V)	3	2,5547	0,8515	1,20
Resíduo A	9	6,3816	0,7090	
Parcelas	15	10,5704		
Estádios (E)	2	5,3480	2,6740	2,96
Interação V x E	6	3,4080	0,5680	0,63
Resíduo B	24	21,6258	0,9010	
Total	47	40,9522		

Quadro XII. Teor de frutose de quatro variedades de capim Napier, em três estádios de maturidade (37, 67 e 97 dias), expresso em %/matéria seca.

Variedade	37 dias	67 dias	97 dias
Cameron	6,17	5,47	5,24
	4,50	3,37	4,85
	6,80	4,06	4,06
	6,43	6,08	2,89
	média:	5,98	4,75
Vruckwona	5,16	5,59	5,20
	6,97	5,65	5,43
	6,47	5,05	5,42
	6,28	5,33	5,41
	média:	6,22	5,41
Taiwan A-148	9,13	6,32	5,65
	7,88	5,92	6,53
	9,64	5,73	5,76
	10,68	5,78	7,34
	média:	9,33	5,94
Taiwan A-241	5,08	3,12	4,33
	5,34	3,32	3,67
	4,34	3,57	4,08
	3,75	3,12	4,71
	média:	4,63	3,28

Análise de Variância

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	3	1,2038	0,4012	0,46
Variedades (V)	3	98,0863	32,6954	37,34*
Resíduo A	9	7,8796	0,8755	
Parcelas	15	107,1697		
Estádios (E)	2	39,7975	19,8987	19,09*
Interação V x E	6	13,6943	2,2823	2,19
Resíduo B	24	25,0137	1,0422	
Total	47	185,6752		

*Significativo $p < 0,05$

Quadro XIII. Teor de glicose de quatro variedades de capim Napier, em três estádios de maturidade (37, 67 e 97 dias), expresso em %/m.s.

Variedade	37 dias	67 dias	97 dias
Cameron	3,30	5,82	5,60
	2,66	3,62	3,90
	3,77	3,18	3,39
	4,52	5,06	3,72
média:	3,56	4,42	4,15
Vruckwona	2,98	3,19	5,18
	4,50	4,67	3,72
	4,06	4,06	5,36
	5,94	4,00	4,84
média:	4,37	3,98	4,78
Taiwan A-148	7,06	5,66	5,39
	3,84	6,06	5,19
	7,12	6,04	5,85
	3,70	5,65	5,95
média:	5,43	5,85	5,60
Taiwan A-241	3,24	3,12	3,08
	3,13	3,07	3,47
	2,04	2,73	4,00
	1,98	3,64	4,07
média:	2,60	3,14	3,66

Análise de Variância

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	3	4,7207	1,5735	0,68
Variedades (V)	3	73,6519	24,5506	10,71*
Resíduo A	9	20,6208	2,2912	
Parcelas	15	98,9934		
Estádios (E)	2	7,3252	3,6626	2,38
Interação V x E	6	7,0552	1,1758	0,76
Resíduo B	24	36,9008	1,5375	
Total	47	150,2746		

*Significativo $p < 0,05$