

# PRODUÇÃO DE ETANOL DE GRAMÍNEAS FORRAGEIRAS TROPICAIS<sup>1</sup>

JOSÉ ALFREDO USBERTI FILHO<sup>2</sup>, JOÃO PAULO FEIJÃO TEIXEIRA<sup>3</sup>,  
PAULO BOLLER GALLO<sup>4</sup> e CARLOS ALVES PEREIRA<sup>5</sup>

**RESUMO** - Foram avaliadas, durante dois anos agrícolas, várias gramíneas forrageiras tropicais - duas cultivares e três híbridos de capim-colonião (*Panicum maximum* Jacq.), duas cultivares de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) e uma cultivar de sorgo forrageiro (*Sorghum vulgare* L.) - quanto aos seus potenciais de produção de etanol. Essas avaliações foram baseadas nas produções de matéria seca e nos teores de açúcares redutores fermentáveis de cada germoplasma. No primeiro ano agrícola (1982-83), durante o qual se praticou apenas um corte, o capim-elefante produziu 7.825 l/ha/ano, média de duas cultivares; o capim-colonião, 3.947 l/ha/ano, média de duas cultivares; e o sorgo forrageiro 2.890 l/ha/ano. Entretanto, no segundo ano agrícola (1983-84), durante o qual foram efetuados cinco cortes, em intervalos de 45 dias, a uma altura de 10 cm da superfície do solo, as cultivares de capim-colonião mostraram produções de etanol estatisticamente maiores - 5.148 l/ha/ano -, do que as de capim-elefante; 3.665 l/ha/ano. A razão da superioridade do capim-elefante na produção de etanol em regime de corte único parece estar na sua elevada produção de colmos, que constituem a parte da planta mais rica em celulose, matéria-prima para a produção de álcool, no caso. Os resultados confirmam a possibilidade de emprego dessas espécies de forrageiras tropicais como matéria-prima para produção de etanol em grande escala.

Termos para indexação: capim-elefante, capim-colonião, sorgo forrageiro, álcool.

## ETHANOL PRODUCTION FROM TROPICAL FORAGE GRASSES

**ABSTRACT** - Several tropical forage grasses - two cultivars and three hybrids of guineagrass (*Panicum maximum* Jacq.), two cultivars of elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum.) and one cultivar of forage sorghum (*Sorghum vulgare* L.), have been evaluated as to their ethanol production potentials, during two growing seasons. These estimates have been based on dry matter yields and fermentable reducing sugar contents of each germplasm tested. In the first growing season (1982/83), during which just one harvest was carried out late in the season, the elephant grass significantly outyielded (7,825 liters/ha/year - average of two cultivars) the guineagrass (3,947 liters/ha/year - average of two cultivars) and the forage sorghum (2,890 liters/ha/year). However, in the second growing season (1983/84), during which five clippings were done with a frequency of 45 days and at a clipping height of 10 cm, the guineagrass cultivars showed statistically higher ethanol yields (5,148 liters/ha/year) than those of elephant grass germplasms (3,665 liters/ha/year). The reason for the elephant grass superiority, in ethanol production, over the other tropical forage grasses during the first growing season, appears to be its outstanding culm production, plant part that is rich in cellulose, the raw material for alcohol production in the case. The results confirmed the feasibility of using tropical forage grass species as raw materials in large scale ethanol production schemes.

Index terms: elephant grass, guineagrass, forage sorghum, alcohol.

## INTRODUÇÃO

A idéia de produção de energia em larga escala, a partir da biomassa vegetal, não é inédita nem recente (Almeida 1943, Banzon et al. 1949, Teixeira 1950), mas somente tornou-se economicamente viável a partir da primeira crise do petróleo em 1973, gerada pela elevação rápida e excessiva dos preços básicos do produto. A principal justificativa apresentada pelos países produtores na época foi a de que, sendo o petróleo uma fonte não reno-

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 21 de janeiro de 1987. Pesquisa parcialmente financiada pela Secretaria de Tecnologia Industrial (STI), Ministério de Indústria e Comércio (MIC), Convênio MIC/SAA/IAC nº 19/82.

<sup>2</sup> Eng. - Agr., Ph.D., Seção de Genética, Instituto Agrônômico de Campinas (IAC), Caixa Postal 28, CEP 13100 Campinas, SP, Bolsista do CNPq.

<sup>3</sup> Eng. - Agr., M.Sc., Seção de Fitoquímica, IAC, Bolsista do CNPq.

<sup>4</sup> Eng. - Agr., Est. Exp. de Mococa, CEP 13730 Mococa, SP, Bolsista do CNPq.

<sup>5</sup> Eng. - Agr., Div. Reg. Agric. (DIRA) de Araçatuba (CATI), CEP 16100 Araçatuba, SP.

vável de energia, embora presente em quantidades consideráveis em algumas regiões favorecidas do planeta, as suas reservas estariam sujeitas à depleção rápida, a médio prazo, em razão do consumo mundial exagerado.

A principal conseqüência daquela crise de 1973, repetida novamente em 1978, foi a de tornar altamente vulnerável a economia de diversos países importadores de petróleo — entre eles o Brasil — que tinham planejado o seu desenvolvimento econômico a longo prazo, confiantes na continuidade de oferta abundante e barata de energia oriunda do petróleo. O aproveitamento de biomassa vegetal como fonte renovável de energia tornou-se, a partir daquele momento, uma das alternativas mais viáveis para atenuar ou mesmo superar os sérios problemas de balanço de pagamentos e do crescimento exagerado da dívida externa, gerados pela crise do petróleo.

O nosso país possui enormes áreas agricultáveis ociosas ou com exploração inadequada — fator fundamental para a implantação de um programa de substituição de energia em larga escala — o que raramente é possível em outras nações energeticamente carentes. Acrescente-se a isso o “know-how” brasileiro, já mundialmente reconhecido, e a infraestrutura já montada, para a produção de energia a partir de matérias-primas vegetais, como é o caso da produção de etanol a partir da cana-de-açúcar.

O Programa Nacional do Álcool (Pró-Álcool), de sucesso comprovado em nosso país, tem-se baseado quase que exclusivamente na produção de etanol, para fins carburantes, a partir da sacarose extraída da cana-de-açúcar. Entretanto, outras matérias-primas têm sido propostas, como a mandioca (Almeida 1943, Banzon et al. 1949, Teixeira 1950, Lorenzi 1976, Lima 1977, Menezes 1978), sorgo sacarino (Menezes et al. 1977, Serra 1977, Instituto Nacional de Tecnologia 1977), babaçu (Carioca & Soares 1977, Carioca & Thieman 1978) e outras (Menezes 1979, 1980), com vantagens e desvantagens conforme o caso.

A utilização de gramíneas forrageiras tropicais para a produção de etanol, embora potencialmente viável, tem sido pouco explorada até o presente momento, sendo as pesquisas básicas neste campo muito escassas ou mesmo inexistentes.

Neste caso específico, a matéria-prima é a celulose, presente em quantidades variáveis nos tecidos vegetais, de acordo com a espécie estudada ou mesmo entre variedades diferentes dentro da mesma espécie. A celulose, após ser submetida a tratamento hidrolítico ácido, é transformada em açúcares simples ou hexoses e o mosto resultante, após ter sido devidamente fermentado e destilado, dá origem ao álcool etílico ou etanol (Menezes 1980).

O emprego de gramíneas forrageiras tropicais, como matérias-primas para a produção de etanol, apresenta inúmeras vantagens, além da facilidade de plantio, cultivo e colheita (operações que inviabilizam o emprego do bambu, outra fonte de biomassa proposta), que são enumeradas a seguir:

a) as gramíneas forrageiras tropicais apresentam, em geral, boa amplitude de adaptação à maioria das nossas condições ambientes (clima, solo, etc.), podendo ser cultivadas mesmo em áreas marginais, onde outras culturas energéticas não são recomendadas;

b) a maioria das gramíneas forrageiras tropicais é de ciclo perene. Portanto, o desembolso econômico para a instalação de campos de produção concentra-se apenas no primeiro ano. Nos anos subseqüentes torna-se necessária apenas a aplicação correta de fertilizantes para a manutenção do potencial produtivo da gramínea;

c) as gramíneas forrageiras tropicais permitem diversos cortes (colheitas) durante o ano agrícola, dependendo da espécie empregada, enquanto na cana-de-açúcar, por exemplo, apenas um corte anual é efetuado. Portanto, no caso das forrageiras, a demanda de mão-de-obra rural é constante durante seis a oito meses por ano, diminuindo consideravelmente o custo social da mão-de-obra desativada por longos períodos;

d) os campos de produção de gramíneas forrageiras tropicais podem também ser usados como pastagens em períodos em que o processo de produção de etanol sofre solução de continuidade como, por exemplo, no caso de limpeza e reforma do maquinário das destilarias, etc.

O principal objetivo desta pesquisa foi selecionar, dentre os germoplasmas mais promissores existentes, aqueles que apresentam maior potencial para a produção de álcool etílico, levando-se em

conta também as características agrônômicas específicas de cada material.

### MATERIAL E MÉTODOS

Oito gramíneas forrageiras tropicais – duas cultivares e três híbridos de capim-colonião (*Panicum maximum* Jacq.), duas cultivares de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) e uma cultivar de sorgo forrageiro (*Sorghum vulgare* L.) – foram plantadas em experimentos regionais, em três localidades do Estado de São Paulo (Presidente Prudente, Araçatuba e Mococa), no ano agrícola de 1982/83, visando a avaliação dos seus potenciais produtivos de forragem verde e de matéria seca.

Os germoplasmas de capim-colonião, a serem testados, foram escolhidos com base em resultados obtidos anteriormente (Usberti Filho 1982, Usberti Filho et al. 1984). As cultivares de capim-elefante foram plantadas através de mudas, enquanto o sorgo forrageiro foi semeado por sementes. As razões para a utilização de mudas foram a baixa quantidade de sementes disponíveis de alguns dos materiais em estudo, para se evitar possíveis falhas nas parcelas experimentais e possibilitar o emprego de espaçamentos entre e dentro de linhas predeterminedos.

As sementes das cultivares e híbridos de capim-colonião foram inicialmente semeadas em caixas plásticas, cheias com uma mistura de terra, areia e superfosfato simples, e a seguir, recobertas com uma camada de 1 cm de esterco de curral curtido e peneirado. A germinação das sementes ocorreu cerca de uma semana após o plantio. Três semanas após a germinação, plântulas individuais foram transplantadas para laminados plásticos cheios com a mesma mistura acima referida, permanecendo em casa de vegetação por mais duas semanas, até o seu transporte e plantio no local definitivo.

No caso do capim-elefante, as mudas foram obtidas pelo plantio direto de seções de colmos maduros (com dois nós, pelo menos em laminados de plástico, também cheios da mistura. Trinta dias depois, as mudas já apresentavam bom enraizamento, sendo então plantadas nos ensaios regionais.

O sorgo forrageiro foi plantado por sementes, em linha corrida e na densidade recomendada.

O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos ao acaso, com três repetições por localidade, sendo as parcelas experimentais constituídas de cinco linhas de dez metros de comprimento cada. Foram empregados os espaçamentos de um metro entre linhas e meio metro entre plantas (dentro da linha), perfazendo um total de vinte plantas por linha para os materiais de capim-colonião e de capim-elefante. No caso do sorgo forrageiro, procedeu-se ao desbaste um mês após a semeadura, deixando-se cinco plantas por metro linear.

Foram realizadas fertilizações NPK, de acordo com a análise de solo, sendo 1/3 do nitrogênio aplicado por ocasião do plantio e 2/3 de 45 a 60 dias após a instalação dos experimentos regionais. Durante o estágio vegetativo,

procedeu-se também a capinas regulares e eventuais replantios de falhas ocorridas. Observações de interesse (acamamento, ocorrência de pragas e moléstias, etc.) foram efetuadas durante esta fase.

Apenas uma colheita foi realizada no ano agrícola de 1982/83, quando 50% das plantas da parcela experimental estavam soltando pólen, enquanto as cultivares de capim-elefante foram colhidas após desenvolvimento vegetativo completo (início de florescimento).

Para se evitar o efeito de bordadura, foram colhidas apenas as três linhas centrais das parcelas experimentais constituídas de cinco linhas. Inicialmente, três a quatro plantas inteiras competitivas de cada parcela foram cortadas manualmente à uma altura de 10 cm da superfície do solo, agrupadas numa amostra única que foi pesada e colocada em congelador, para se evitar possível fermentação durante o transporte. Completada a amostragem de todas as parcelas experimentais, estas sofreram a colheita das plantas restantes, seguida de pesagem. Determinou-se, assim, o peso total de massa verde de cada parcela. Posteriormente, as amostras extraídas sofreram subdivisão do material colhido em colmos e folhas.

Todas as amostras sofreram secagem parcial em casas de vegetação do Instituto Agrônômico, e depois, a pleno sol em terreiros. A secagem das amostras foi completada até peso constante em estufas de circulação de ar forçada a 60°C. Após este processo, o peso seco de cada amostra foi determinado a 105°C, tornando-se possível a obtenção da relação peso seco/peso verde (PS/PV), em percentagem. Através desta relação, foi calculado o peso seco total colhido em cada parcela experimental.

As amostras das gramíneas forrageiras, cada uma subdividida em duas subamostras (colmos e folhas), foram então moídas em moinho especial (peneira de 20 mesh) e preparadas para as análises de laboratório. Estas consistiram, basicamente, na determinação dos teores de glicídeos redutores totais (GRT) e os de glicídeos redutores fermentáveis (GRF), visando a quantificação dos açúcares e polissacarídeos presentes nos materiais celulósicos em estudo.

A metodologia utilizada foi originalmente desenvolvida na Fundação de Tecnologia Industrial, Lorena, SP, com diversas modificações.

Inicialmente, todas as subamostras sofreram hidrólise ácida com o objetivo de transformar a celulose, hemicelulose, amido, oligossacarídeos, etc., em açúcares simples ou hexoses (glicose, principalmente). Verificou-se, através de experimentação, que os maiores rendimentos em açúcares simples, para as subamostras de colmos, foram obtidos à temperatura de 40°C, enquanto que para as subamostras de folhas os rendimentos máximos ocorreram à temperatura de 50°C.

O processo de hidrólise ácida foi realizado em duas etapas. Na primeira etapa, as subamostras foram submetidas ao contacto com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 72%, por curto período (cinco a sete minutos), à temperatura de 40°C (colmos) e 50°C (folhas). Na segunda etapa, o ácido sulfúrico pre-

sente foi diluído até 4,2% pela adição de água, sendo os frascos, em seguida, submetidos à temperatura de 150°C por duas horas e meia. Os tempos envolvidos, concentrações de ácido e temperaturas empregadas foram obtidos experimentalmente, tendo sempre em vista o maior rendimento possível de açúcares após o processo de hidrólise. O emprego de temperatura mais elevada na segunda fase permitiu maior eficiência do processo na hidrólise dos oligossacarídeos remanescentes.

Os teores de lignina, que é um resíduo não hidrolisável e, portanto, não passível de fermentação alcoólica, foram determinados por via gravimétrica, após filtragem dos materiais hidrolisados (a lignina fica retida no papel de filtro). O filtrado, após neutralização com CaCO<sub>3</sub>, foi dividido em duas frações, uma para a determinação de GRT e a outra para o cálculo de GRF.

Para a determinação dos teores de GRT utilizou-se a reação de Somogy-Nelson (Nelson 1946), que consiste na redução do cobre, seguida de formação de um complexo colorido de "cobre-molibdato de arsênico", com posterior leitura colorimétrica em espectrofotômetro a 540 nm.

Para o cálculo dos teores de GRF procedeu-se, inicialmente, à fermentação do filtrado pela adição da levedura *Saccharomyces cerevisiae*, à temperatura de 30°C por um período de uma hora. Após o processo fermentativo, os frascos foram centrifugados e na fase líquida (sobrenadante) foram determinados os teores de açúcares redutores presentes e, portanto, não fermentados - GRNF (glicídeos redutores não fermentados). Finalmente, os teores de GRF foram obtidos através da diferença GRT-GRNF. Os teores médios de GRT e GRF de cada forrageira tropical em estudo, considerando-se os valores obtidos para colmos e folhas, foram calculados em função da relação haste/folha de cada material.

No ano agrícola de 1983/84 foi promovida a intensificação de produção de biomassa através de cortes (colheitas) consecutivos, efetuados a intervalos de 45 dias, visando-se avaliar os potenciais produtivos dos germoplasmas em teste sob um regime intensivo de utilização. Cerca de cinco cortes foram realizados, a uma altura de 10 cm do solo, em cada parcela experimental dos ensaios regionais. O sorgo forrageiro foi excluído desta avaliação de potencial de produção de biomassa por não suportar cortes frequentes e sucessivos.

No terceiro dos cinco cortes efetuados, foram retiradas amostras de material vegetal de cada parcela experimental, para posterior análise em laboratório. Neste caso, entretanto, as amostras não foram subdivididas em subamostras de colmos e de folhas por causa da frequência de corte utilizada (45 dias), que não possibilita, praticamente, a formação de colmos nos materiais.

Procedeu-se, em seguida, as análises de laboratório das amostras extraídas, da mesma maneira descrita acima para os materiais colhidos durante o ano agrícola anterior (1982/83).

Finalmente, o rendimento provável em etanol de cada germoplasma, durante os dois anos agrícolas considerados,

foi calculado a partir dos dados de produção, em toneladas/hectare, de GRF. Considerou-se também que cerca de 60% da produção de GRF possa ser transformada em etanol, de acordo com resultados obtidos por Amorim et al. (1983).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentadas as produções de forragem verde e de matéria seca, em toneladas/hectare, dos materiais em estudo, em três localidades (Presidente Prudente, Araçatuba e Mococa), durante o ano agrícola de 1982/83. Apenas uma colheita foi efetuada neste período, quando os germoplasmas de capim-colônião e de sorgo forrageiro encontravam-se no estágio de maturação de sementes e os de capim-elefante tinham atingido o máximo desenvolvimento vegetativo (início de florescimento).

As maiores produções de forragem verde e de matéria seca, independentemente do germoplasma considerado, foram obtidas em Presidente Prudente, aparentemente em virtude da maior temperatura média anual da região, que favorece o desenvolvimento vegetativo das forrageiras em teste. A região de Mococa, por apresentar a menor temperatura média anual em relação às demais, acusou as menores produções de massa verde e matéria seca, ficando os resultados de Araçatuba em níveis intermediários. Estes dados confirmam aqueles obtidos por Usberti Filho & Jain (1979) e Usberti Filho (1981), quanto à importância da temperatura média anual, tanto na diferenciação ecotípica, como no desenvolvimento vegetativo de gramíneas forrageiras tropicais.

As cultivares de capim-elefante Taiwan e Mineiro mostraram produções de forragem verde estatisticamente superiores às dos materiais de capim-colônião e de sorgo forrageiro em todas as localidades. Também as relações peso seco/peso verde, usadas no cálculo das produções de matéria seca, foram aparentemente maiores nas cultivares de capim-elefante do que nos outros materiais, muito provavelmente, em virtude do maior número de colmos produzidos por aquela espécie forrageira no regime de corte único. Em conseqüência, as produções de matéria seca do capim-elefante foram também significativamente superiores às das

TABELA 1. Potenciais produtivos médios de forragem verde e de matéria seca de germoplasmas de capim-colonião (*Panicum maximum* Jacq.), de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) e de sorgo forrageiro (*Sorghum vulgare* L.), resultantes de colheita única efetuada no estádio de maturação, em ensaios regionais, instalados em Presidente Prudente, Araçatuba e Mococa, durante o ano agrícola de 1982/83.

Cultivar	Presidente Prudente			Araçatuba			Mococa		
	PMVT (ton/ha)	PS/PV (%)	PMST (ton/ha)	PMVT (ton/ha)	PS/PV (%)	PMST (ton/ha)	PMVT (ton/ha)	PS/PV (%)	PMST (ton/ha)
I. Capim-colonião									
1. Tobiatiã	116,2 c	23,4	27,2 bc	77,4 b	21,8	16,9 cd	67,0 cd	16,9	11,3 cd
2. Gigante	111,6 c	23,8	26,6 bc	67,7 b	22,5	15,2 d	67,7 c	20,2	13,7 c
3. Híbrido 62	113,1 c	26,3	29,7 b	74,6 b	28,6	21,3 c	62,5 de	19,9	12,4 cd
4. Híbrido 116	101,3 cd	26,3	26,6 bc	75,7 b	26,5	20,1 cd	60,7 e	19,8	12,0 cd
5. Híbrido 155	88,4 d	27,8	24,6 c	71,6 b	27,1	19,4 cd	52,4 f	23,8	12,5 cd
II. Capim-elefante									
1. Taiwan	137,9 b	33,2	45,8 a	116,1 a	35,0	40,6 a	94,1 a	37,1	34,9 a
2. Mineiro	156,2 a	28,6	44,7 a	114,1 a	28,9	33,0 b	88,3 b	33,8	29,8 b
III. Sorgo forrageiro									
1. Sart	59,9 e	25,6	15,3 d	60,6 b	26,6	16,1 d	30,5 g	30,5	9,3 d
CC (%)	7,6	-	8,3	12,8	-	13,4	4,7	-	5,8

Observações: a) Médias seguidas de letras diferentes são estatisticamente diferentes entre si de acordo com o teste de Duncan, a 5% de probabilidade;

b) CV (%) = coeficiente de variação, em percentagem;

c) PMVT = produção de forragem verde total; PS/PV (%) = relação peso seco/peso verde, em percentagem; PMST = produção de massa seca total.

obtidas para os germoplasmas de capim-colonião, ficando o sorgo forrageiro, em geral, com as menores produções observadas.

Os dados contidos na Tabela 2 revelam que as cultivares de capim-elefante possuem teores médios de glicídeos redutores totais em torno de 64% (Presidente Prudente e Araçatuba), levemente superiores aos obtidos para os germoplasmas de capim-colonião e de sorgo forrageiro (em torno de 61%), embora em Mococa os valores de GRT tenham sido semelhantes para as três espécies vegetais (ao redor de 58%, em média). Essa leve superioridade do capim-elefante pode ser atribuída à sua maior produção de colmos, onde se concentra a maior parte da celulose presente em gramíneas forrageiras, passível de transformação em glicose e outros açúcares simples através de hidrólise ácida.

Os teores de glicídeos redutores fermentáveis — matéria-prima para a produção de etanol — situaram-se em torno de 31%, para todos os materiais; em Presidente Prudente e Araçatuba, com pequenas variações, embora em Mococa os valores tenham sido mais baixos (em torno de 25%). Por outro lado, as percentagens de lignina na matéria seca foram maiores para os germoplasmas de capim-colonião, variando de 26% a 28% em Presidente Prudente e Araçatuba, em comparação com as apresentadas pelas cultivares de capim-elefante e de sorgo forrageiro (em torno de 22%), nas mesmas localidades.

Na Tabela 3 são apresentados os prováveis rendimentos em etanol (em litros/hectare e em litros/tonelada de matéria seca produzida) de cada forrageira tropical em estudo, em três regiões do Estado de São Paulo, durante o ano agrícola de 1982/83. As cultivares de capim-elefante, em virtude de suas elevadas produções de matéria seca, mostraram os mais elevados rendimentos prováveis de etanol por unidade de área, em todas as localidades, em comparação com os obtidos para os materiais de capim-colonião, que ficaram em situação intermediária, e com o da cultivar de sorgo forrageiro, que se colocou, geralmente, em último lugar. Entretanto, considerando-se o rendimento em etanol por tonelada de matéria seca produzida, todos os materiais apresentaram comportamento semelhante, observando-se uma variação em torno de 180 a 190 litros/tonelada de matéria seca, com algumas exceções, em Presidente Prudente e Araçatuba, embora os valores registrados em Mococa tenham sido significativamente menores (145 a 150 litros/tonelada de matéria seca).

Para efeito de comparação, são mostrados na Tabela 3-A dados de produtividade de diversas espécies vegetais, juntamente com as respectivas estimativas de rendimento em etanol. No caso do capim-elefante, capim-colonião e sorgo forrageiro, os resultados são médias daqueles obtidos em Presidente Prudente e Araçatuba, regiões especialmente propícias para o cultivo de forrageiras tropicais.

TABELA 2. Teores médios de glicídeos redutores totais, glicídeos redutores fermentáveis, relação GRF/GRT e percentagens de lignina na matéria seca obtidas em amostras de gramíneas forrageiras tropicais extraídas de ensaios instalados em Presidente Prudente, Araçatuba e Mococa, durante o ano agrícola 1982/83.

Cultivar	Presidente Prudente				Araçatuba				Mococa			
	GRT (%)	GRF (%)	GRF/GRT (%)	Lignina (%)	GRT (%)	GRF (%)	GRF/GRT (%)	Lignina (%)	GRT (%)	GRF (%)	GRF/GRT (%)	Lignina (%)
I. Capim-colonião												
1. Tobiatiã	61,18	32,75	53,53	25,69	62,91	30,87	49,07	24,97	56,77	24,54	43,23	23,81
2. Gigante	59,92	29,15	48,65	25,85	61,32	29,77	48,55	24,09	58,25	26,19	44,96	23,15
3. Híbrido 62	59,31	30,99	52,25	28,38	61,35	29,75	48,49	30,30	57,79	25,15	43,52	24,01
4. Híbrido 116	60,94	31,14	51,10	25,39	61,85	30,38	49,12	28,98	56,96	24,67	43,31	24,82
5. Híbrido 155	60,25	32,27	53,56	26,10	61,70	33,40	54,13	28,32	56,47	24,49	43,37	26,27
II. Capim-elefante												
1. Taiwan	64,44	30,90	47,95	21,53	65,34	31,43	48,10	22,63	58,76	24,48	41,66	23,92
2. Mineiro	65,12	34,29	52,66	21,75	63,84	31,27	48,98	24,12	58,48	24,01	41,06	23,25
III. Sorgo-forrageiro												
1. Sart	60,28	31,05	51,51	21,51	62,38	37,18	59,60	21,66	58,37	25,12	43,04	26,97

Obs.: a) GRT = glicídeos redutores totais; GRF = glicídeos redutores fermentáveis; GRF/GRT = relação glicídeos redutores fermentáveis/glicídeos redutores totais;

b) Os resultados apresentados são médias de três repetições, em cada localidade citada.

TABELA 3. Potenciais produtivos médios de matéria seca e de glicídeos redutores fermentáveis e prováveis rendimentos em etanol (por unidade de área e por tonelada de matéria seca produzida) de germoplasmas de capim-colonião (*Panicum maximum* Jacq.), capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) e sorgo-forrageiro (*Sorghum vulgare* L.), obtidos em ensaios instalados em Presidente Prudente, Araçatuba e Mococa, durante o ano agrícola de 1982/83.

Cultivar	Presidente Prudente				Araçatuba				Mococa			
	PMST (ton/ha)	PGRF (ton/ha)	PRE		PMST (ton/ha)	PGRF (ton/ha)	PRE		PMST (ton/ha)	PGRF (ton/ha)	PRE	
			lts/ha	lts/ton MS			lts/ha	lts/ton MS			lts/ha	lts/ton MS
Capim-colonião												
1. Tobiatiã	27,2 bc	8,88 b	5.337,8 b	196,2 a	16,9 cd	5,17 cd	3.107,7 cd	183,8 b	11,3 cd	2,77 cd	1.662,0 cd	147,08 a
2. Gigante	26,6 bc	7,78 b	4.676,6 b	175,8 b	15,2 d	4,51 d	2.710,9 d	178,3 b	13,7 c	3,59 c	2.154,0 c	157,23 a
3. H - 62	29,7 b	9,23 b	5.548,1 b	186,8 ab	21,3 c	6,38 c	3.835,0 c	180,0 b	12,4 cd	3,12 c	1.872,0 c	150,97 a
4. H - 116	26,6 bc	8,30 b	4.989,1 b	187,6 ab	20,1 cd	6,14 cd	3.690,8 cd	183,6 b	12,0 cd	2,96 c	1.776,0 c	148,00 a
5. H - 155	24,6 c	7,97 b	4.790,8 b	194,7 a	19,4 cd	6,43 c	3.865,1 c	199,2 ab	12,5 cd	3,06 c	1.836,0 c	146,88 a
Capim-elefante												
1. Taiwan	45,8 a	14,12 a	8.487,5 a	185,3 ab	40,6 a	12,53 a	7.531,8 a	185,5 b	34,9 a	8,54 a	5.124,0 a	146,82 a
2. Mineiro	44,7 a	15,28 a	9.184,8 a	205,5 a	33,0 b	10,17 b	6.113,2 b	185,2 b	29,8 b	7,15 b	4.290,0 b	143,96 a
Sorgo-forrageiro												
1. Sart	15,3 d	4,76 c	2.861,2 c	187,0 ab	16,1 d	6,01 cd	3.612,6 cd	224,4 a	9,3 d	2,34 d	1.404,0 d	150,97 a
CV (%)	7,6	10,0	10,0	9,6	16,1	14,3	14,3	9,8	13,5	12,1	12,1	11,9

Obs.: a) CV (%) = coeficiente de variação, em percentagem;

b) Médias seguidas de letras diferentes são estatisticamente diferentes entre si de acordo com o teste de Duncan, a 5% de probabilidade;

c) PMST = produção de matéria seca total; PGRF = produção de glicídeos redutores fermentáveis; PRE = provável rendimento em etanol.

Os dados apresentados mostram a clara superioridade, quanto ao rendimento estimado em etanol, do capim-elefante (em torno de 7.825 litros/hectare/ano), quando colhido apenas uma vez durante o ano agrícola, em relação ao capim-colonião (3.947 litros/hectare/ano) e à cana-de-açúcar (3.015 litros/hectare/ano), esta sendo a matéria-prima mais tradicional para a produção de etanol em nosso país. Outras fontes de biomassa que também vêm sendo pesquisadas como o sorgo sacari-

no, a mandioca, a batata-doce, etc, situam-se em plano secundário quanto ao volume de etanol produzido por unidade de área.

No ano agrícola de 1983/84 foram avaliados os potenciais produtivos das forrageiras, em estudo, em regime intensivo de produção de biomassa, através do emprego de cinco cortes consecutivos a intervalos de 45 dias. Observou-se, como era de se esperar, um acréscimo significativo nas produções totais de forragem verde de todos os

germoplasmas, em todas as localidades (Tabelas 4, 7 e 10), em comparação com aquelas obtidas em um único corte anual (Tabela 1). As cultivares de capim-elefante, entretanto, apresentaram reduções drásticas nos valores das relações peso seco/peso verde, com a intensificação dos cortes (de 30,9% para 17,1%, em Presidente Prudente; de 31,9% para 12,5%, em Araçatuba e de 35,4% para 16,7%, em Mococa – médias de duas cultivares), enquanto os materiais de capim-colonião revelaram valores semelhantes para a característica nos dois regimes de cortes. Este fato, sem dúvida, em virtude da menor produção de colmos dos germoplasmas de capim-elefante quando se aumenta a freqüência dos cortes realizados, provocou, em geral, a redução acentuada das produções de matéria seca destes materiais, enquanto as cultivares e híbridos de capim-colonião mostraram acréscimos significativos nos potenciais de produção de matéria seca (Tabelas 4, 7 e 10), quando comparados com aqueles registrados no ano agrícola de 1982/83 (Tabela 1).

A maior freqüência de cortes realizada no ano agrícola de 1983/84 ocasionou também reduções nos teores de glicídeos redutores totais, glicídeos redutores fermentáveis e nas relações GRF/GRT, em todos os materiais, em Presidente Prudente e Araçatuba (comparar os resultados das Tabelas 5 e 8 com os da Tabela 2), embora aqueles decréscimos pareçam ter sido maiores nas cultivares de capim-elefante. Entretanto, os dados obtidos em Mococa acusaram teores de GRT semelhantes nos dois regimes de cortes e relações GRF/GRT levemente superiores no regime de corte mais intensivo (comparar Tabelas 2 e 11). Quanto aos teores de lignina na matéria seca, as cultivares e híbridos de capim-colonião revelaram reduções acentuadas nos valores da característica, quando em regime de maior freqüência de cortes (de 26% para 22%, em Presidente Prudente; de 27% para 22%, em Araçatuba), enquanto as cultivares de capim-elefante mostraram valores semelhantes (em torno de 22%) nos dois anos agrícolas, com exceção de Mococa, onde as porcentagens de lignina sofreram reduções

TABELA 3A. Estimativas de rendimentos anuais médios em etanol (em litros/tonelada de matéria-prima produzida e em litros/hectare) para diversas espécies vegetais.

Espécie Vegetal	Regime de Corte	Produção média de matéria-prima (ton/hectare/ano)	Rendimento em etanol	
			litros/tonelada de mat. - prima	litros/hectare
Capim-elefante (média de 2 cultivares, em 2 locais)	a) um corte anual	41,1*	190,4	7.825
	b) soma de 5 cortes consecutivos, a intervalos de 45 dias, por ano	23,3*	157,3	3.665
Capim-colonião (média de 2 cultivares, em 2 locais)	a) um corte anual	21,5*	183,6	3.947
	b) soma de 5 cortes consecutivos, a intervalos de 45 dias, por ano	30,9*	166,6	5.148
Cana-de-açúcar	-	45,0 a**	67,0	3.015
Sorgo forrageiro	a) um corte anual	15,5*	185,0	2.890
Mandioca	-	12,0 b**	180,0	2.160
Sorgo sacarino	-	35,0 d**	55,0	1.925
Batata-doce	-	10,0 a**	125,0	1.250
Milho	-	1,5 a**	385,0	580
Babaçu	-	2,5 c**	80,0	200

Fontes: a - IBGE - Anuário Estatístico Brasileiro (1977); b - Equipe Técnica de Estatística Agropecuária - Ministério Agricultura; c - STI/MIC (produção estimativa média de 3 anos); d - Alcool produzido do colmo de uma única cultura anual (valores estimativos).

Obs.: \* Matéria-prima = matéria seca (celulose);

\*\* Matéria-prima = hidrato de carbono.

Quadro ampliado daquele apresentado em "Etanol, o combustível do Brasil", de T.J.B. de Menezes, p.42. Edit. Agron. Ceres, 1980.

(de 23,5% para 20%) no regime de cortes mais intensivo.

Em conseqüência das maiores produções de matéria seca verificadas no ano agrícola de 1983/84, os materiais de capim-colonião mostraram acréscimos significativos nos prováveis rendimentos em etanol (Tabelas 6, 9 e 12), quando comparados com aqueles obtidos em um único corte, no ano agrícola de 1982/83 (Tabela 3). Em contraste, as cultivares de capim-elefante sofreram severas reduções nos seus potenciais de produção de etanol

quando a maior freqüência de cortes foi utilizada em todos os locais. Por outro lado, em Presidente Prudente e Araçatuba, regiões tradicionais de pastagens do Estado de São Paulo, os prováveis rendimentos em álcool (em litros/tonelada de matéria seca produzida), considerando-se os germoplasmas de capim-elefante e de capim-colonião em conjunto, foram reduzidos, em média, de 180 - 190 litros (regime de corte único) para 160 - 170 litros (regime de cinco cortes). Em Mococa, entretanto, o mesmo parâmetro aumentou de 145 - 150 litros, em média, para 160 - 165 litros, respectivamente.

TABELA 4. Potenciais produtivos médios de forragem verde (por corte e total) e de matéria seca de germoplasmas de capim-colonião (*Panicum maximum* Jacq.) e de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.), resultantes de cinco cortes efetuados a intervalos de 45 dias, em ensaios regionais, instalados em Presidente Prudente, durante o ano agrícola de 1983/84.

Cultivar	PMV (ton/ha)					PMVT (ton/ha)	PS/PV (%)	PMST (ton/ha)
	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>			
I. Capim-colonião								
1. Tobiata	46,6 b	48,6 b	22,3 a	18,0 a	13,6 a	149,1 c	25,9	38,6 a
2. Gigante	44,6 b	47,6 b	20,8 ab	15,9 ab	10,9 ab	139,8 d	26,1	36,5 ab
3. Híbrido 62	51,5 b	42,2 c	18,8 bc	15,3 ab	11,7 ab	139,5 d	27,4	38,2 a
4. Híbrido 116	52,1 b	48,2 b	14,1 c	12,6 bc	11,0 ab	138,0 d	25,6	35,3 b
5. Híbrido 155	30,5 c	40,4 c	15,0 bc	11,9 c	8,8 b	106,6 e	27,7	29,5 c
II. Capim-elefante								
1. Taiwan	62,2 a	52,8 b	19,0 ab	15,0 ab	11,0 ab	160,0 b	18,9	30,2 c
2. Mineiro	69,6 a	63,2 a	23,4 a	18,6 a	13,7 a	188,5 a	15,2	28,6 c
CV (%)	15,4	14,3	18,3	16,5	17,3	16,7	-	15,9

Obs.: a) Médias seguidas de letras diferentes são estatisticamente diferentes entre si de acordo com o teste de Duncan, a 5% de probabilidade;

b) CV (%) = coeficiente de variação, em percentagem;

c) PMV = produção de forragem verde (corte individual); PMVT = produção de forragem verde total; PS/PV = relação peso seco/peso verde (em percentagem); PMST = produção de massa seca total;

d) C<sub>1</sub> = 1.<sup>o</sup> corte (período de 16/10/83 a 31/11/83); C<sub>2</sub> = 2.<sup>o</sup> corte (período de 01/12/83 a 15/01/84);

C<sub>3</sub> = 3.<sup>o</sup> corte (período de 16/01/84 a 29/02/84); C<sub>4</sub> = 4.<sup>o</sup> corte (período de 01/03/84 a 15/04/84);

C<sub>5</sub> = 5.<sup>o</sup> corte (período de 16/04/84 a 31/05/84).

**TABELA 7.** Potenciais produtivos médios de forragem verde (por corte e total) e de matéria seca total, de germoplasmas de capim-colonião (*Panicum maximum* Jacq.) e de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.), resultantes de cinco cortes consecutivos efetuados a intervalos de 45 dias, em ensaios regionais, instalados em Araçatuba, durante o ano agrícola de 1983/84.

Cultivar	PMV (ton/ha)					PMVT (ton/ha)	PS/PV (%)	PMST (ton/ha)
	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>			
<b>I. Capim-colonião</b>								
1. Tobiatã	34,9 bc	36,4 abc	21,4 a	17,5 bc	5,8 abc	116,0 b	21,6	25,1 a
2. Gigante	27,6 cd	29,6 cd	18,8 ab	17,9 bc	3,7 cd	97,6 cd	23,9	23,3 a
3. Híbrido 62	26,5 cd	21,7 e	14,8 b	15,1 c	3,4 d	81,5 e	24,2	19,7 bc
4. Híbrido 116	28,9 cd	26,7 de	14,8 b	15,6 c	3,8 cd	89,8 de	22,6	20,3 b
5. Híbrido 155	24,5 d	32,4 bcd	21,3 a	17,7 bc	4,7 bcd	100,6 c	20,1	20,2 b
<b>II. Capim-elefante</b>								
1. Taiwan	48,3 a	41,0 a	23,8 a	21,8 ab	7,1 a	142,0 a	11,8	16,8 d
2. Mineiro	42,5 ab	38,6 ab	22,3 a	25,6 a	6,8 ab	135,8 a	13,1	17,8 cd
CV (%)	16,4	12,7	15,1	13,8	22,6	18,3	-	17,9

Obs.: a) Médias seguidas de letras diferentes são estatisticamente diferentes entre si de acordo com o teste de Duncan, a 5% de probabilidade;

b) CV (%) = coeficiente de variação, em percentagem;

c) PMV = produção de forragem verde (corte individual); PMVT = produção de forragem verde total; PS/PV = relação peso seco/peso verde (em percentagem); PMST = produção de matéria seca total;

d) C<sub>1</sub> = 1.º corte (período de 16/10/83 a 31/11/83); C<sub>2</sub> = 2.º corte (período de 01/12/83 a 15/01/84);

C<sub>3</sub> = 3.º corte (período de 16/01/84 a 29/02/84); C<sub>4</sub> = 4.º corte (período de 01/03/84 a 15/04/84);

C<sub>5</sub> = 5.º corte (período de 16/04/84 a 31/05/84).

**TABELA 8.** Teores médios de glicídeos totais, glicídeos redutores fermentáveis, relação GRF/GRT e percentagens de lignina na matéria seca obtidas em amostras de gramíneas forrageiras tropicais extraídas de ensaios instalados em Araçatuba, durante o ano agrícola de 1983/84.

Cultivar	GRT (%)	GRF (%)	GRF/GRT (%)	Lignina (%)
<b>I. Capim-colonião</b>				
1. Tobiatã	61,72	28,25	45,87	22,19
2. Gigante	60,97	28,94	47,47	22,28
3. Híbrido 62	61,67	28,66	46,47	21,52
4. Híbrido 116	59,77	27,89	46,66	22,35
5. Híbrido 155	58,16	27,49	47,27	21,48
<b>II. Capim-elefante</b>				
1. Taiwan	60,17	24,88	41,35	22,45
2. Mineiro	58,72	26,78	45,61	23,58

Obs.: a) GRT = glicídeos redutores totais; GRF = glicídeos redutores fermentáveis; GRF/GRT = relação glicídeos redutores fermentáveis/glicídeos redutores totais;

b) os resultados apresentados são médias de três repetições na localidade citada.

TABELA 9. Potenciais produtivos médios de matéria seca e de glicídeos redutores fermentáveis e prováveis rendimentos em etanol (por unidade de área e por tonelada de matéria seca produzida) de germoplasmas de capim-colonião (*Panicum maximum* Jacq.) e de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.), obtidos em ensaios regionais, conduzidos em Araçatuba, durante o ano agrícola de 1983/84.

Cultivar	PMST (ton/ha)	PGRF (ton/ha)	PRE	
			litros/ha	litros/ton MS
<b>I. Capim-colonião</b>				
1. Tobiataã	25,1 a	7,09 a	4.254,0 a	169,5 a
2. Gigante	23,3 a	6,74 a	4.044,0 a	173,6 a
3. Híbrido 62	19,7 bc	5,65 b	3.390,0 b	172,1 a
4. Híbrido 116	20,3 b	5,66 b	3.396,0 b	167,3 a
5. Híbrido 155	20,2 b	5,55 b	3.330,0 b	164,9 a
<b>II. Capim-elefante</b>				
1. Taiwan	16,8 d	4,18 c	2.508,0 c	149,3 b
2. Mineiro	17,8 cd	4,77 c	2.862,0 c	160,8 a
CV (%)	17,9	15,1	15,1	14,4

Obs.: a) CV (%) = coeficiente de variação, em percentagem;

b) PMST = produção de matéria seca total; PGRF = produção de glicídeos redutores fermentáveis; PRE = provável rendimento em etanol.

TABELA 10. Potenciais produtivos médios de forragem verde (por corte e total) e de matéria seca de germoplasmas de capim-colonião (*Panicum maximum* Jacq.) e de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.), resultantes de cinco cortes efetuados a intervalos de 45 dias, em ensaios regionais, instalados em Mococa, durante o ano agrícola de 1983/84.

Cultivar	PMV (ton/ha)					PMVT (ton/ha)	PS/PV (%)	PMST (ton/ha)
	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>			
<b>I. Capim-colonião</b>								
1. Tobiataã	35,4 b	44,5 a	16,4 ab	12,5 bc	5,1 ab	113,9 b	24,6	28,0 a
2. Gigante	36,3 b	45,1 a	15,9 abc	12,2 bc	5,7 ab	115,2 b	25,5	29,4 a
3. Híbrido 62	30,7 b	38,4 bc	11,2 d	7,8 d	4,3 ab	92,4 c	21,0	19,4 d
4. Híbrido 116	29,9 b	36,0 c	11,7 cd	7,9 d	3,5 b	89,0 c	24,8	22,1 b
5. Híbrido 155	17,4 c	35,4 c	13,8 bcd	8,8 cd	6,7 a	82,1 c	18,9	15,5 e
<b>II. Capim-elefante</b>								
1. Taiwan	49,4 a	43,8 ab	19,1 a	16,1 ab	5,5 ab	133,9 a	16,3	21,8 bc
2. Mineiro	37,1 b	45,4 a	16,8 ab	16,8 a	4,9 ab	121,0 b	17,2	20,8 cd
CV (%)	14,5	15,8	13,7	13,2	15,1	14,4	-	14,7

Obs.: a) Médias seguidas de letras diferentes são estatisticamente diferentes entre si de acordo com o teste de Duncan, a 5% de probabilidade;

b) CV (%) = coeficiente de variação, em percentagem;

c) PMV = produção de forragem verde (corte individual); PMVT = produção de forragem verde total; PS/PV = relação peso seco/peso verde (em percentagem); PMST = produção de matéria seca total;

d) C<sub>1</sub> = 1.<sup>o</sup> corte (período de 16/10/83 a 31/11/83); C<sub>2</sub> = 2.<sup>o</sup> corte (período de 01/12/83 a 15/01/84);

C<sub>3</sub> = 3.<sup>o</sup> corte (período de 16/01/84 a 29/02/84); C<sub>4</sub> = 4.<sup>o</sup> corte (período de 01/03/84 a 15/04/84);

C<sub>5</sub> = 5.<sup>o</sup> corte (período de 16/04/84 a 31/05/84).

TABELA 11. Teores médios de glicídeos redutores totais, glicídeos redutores fermentáveis, relação GRF/GRT e percentagens de lignina na matéria seca obtidas em amostras de gramíneas forrageiras tropicais extraídas de ensaios instalados em Mococa, durante o ano agrícola de 1983/84.

Cultivar	GRT (%)	GRF (%)	GRF/GRT (%)	Lignina (%)
<b>I. Capim-colonião</b>				
1. Tobiata	57,46	27,30	47,51	20,71
2. Gigante	57,86	26,68	46,11	21,34
3. Híbrido 62	57,83	27,02	46,72	20,69
4. Híbrido 116	57,03	27,08	47,48	20,76
5. Híbrido 155	58,32	27,75	47,58	20,38
<b>II. Capim-elfante</b>				
1. Taiwan	60,35	28,38	47,03	19,44
2. Mineiro	59,36	27,69	46,64	20,63

Obs.: a) GRT = glicídeos redutores totais; GRF = glicídeos redutores fermentáveis; GRF/GRT = relação glicídeos redutores fermentáveis/glicídeos redutores totais;

b) os resultados apresentados são médias de três repetições na localidade citada.

TABELA 12. Potenciais produtivos médios de matéria seca e de glicídeos redutores fermentáveis e prováveis rendimentos em etanol (por unidade de área e por tonelada de matéria seca produzida) de germoplasmas de capim-colonião (*Panicum maximum* Jacq.) e de capim-elfante (*Pennisetum purpureum* Schum.), obtidos em ensaios regionais, conduzidos em Mococa, durante o ano agrícola de 1983/84.

Cultivar	PMST (ton/ha)	PGRF (ton/ha)	PRE	
			litros/ha	litros/ton MS
<b>I. Capim-colonião</b>				
1. Tobiata	28,0 a	7,64 a	4.584,0 a	163,71 a
2. Gigante	29,4 a	7,84 a	4.704,0 a	160,00 a
3. Híbrido 62	19,4 d	5,24 c	3.144,0 c	162,06 a
4. Híbrido 116	22,1 b	5,98 b	3.588,0 b	162,35 a
5. Híbrido 155	15,5 e	4,30 d	2.580,0 d	166,45 a
<b>II. Capim-elfante</b>				
1. Taiwan	21,8 bc	6,19 b	3.714,0 b	170,37 a
2. Mineiro	20,8 cd	5,76 bc	3.456,0 bc	166,15 a
CV (%)	14,7	15,9	15,9	14,6

Obs.: a) CV (%) = coeficiente de variação, em percentagem;

b) Médias seguidas de letras diferentes são estatisticamente diferentes entre si de acordo com o teste de Duncan, a 5% de probabilidade;

c) PMST = produção de matéria seca total; PGRF = produção de glicídeos redutores fermentáveis; PRE = provável rendimento em etanol.

## CONCLUSÕES

1. As gramíneas forrageiras tropicais apresentam alta viabilidade de utilização para a produção de etanol em larga escala.

2. O capim-elefante é especialmente recomendado quando apenas um corte anual é realizado, em virtude de sua elevada produção de colmos, onde se concentra a celulose, a matéria-prima para a produção de etanol, no caso.

3. O capim-colonião é a espécie de maior rendimento provável em álcool quando a produção de biomassa é intensificada pelo emprego de cinco ou mais cortes durante o ano agrícola.

4. Em ambos os casos acima, as produções prováveis de etanol a serem obtidas são bem superiores às aquelas observadas na cana-de-açúcar, fonte de matéria-prima tradicional em nossas condições.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J.R. de. Fabricação de álcool de mandioca. Piracicaba, Seção Gráfica do Jornal de Piracicaba, 1943. 92p.
- AMORIM, A.; ZAGO, E.A.; OLIVEIRA, A.J.; BASSO, L.C. Métodos analíticos para o controle da fermentação alcoólica e aparelhos de destilação. Piracicaba, Fermentec, 1983. 57p.
- BANZON, J.; FULMER, E.I.; UNDERKOFER, L.A. Fermentative utilization of cassava. The production of ethanol. Iowa State J. Sci., 23(2):219-35, 1949.
- CARIOCA, J.O.B. & SOARES, J.B. Babaçu; uma fonte não convencional de energia. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO DE ÁLCOOL NO NORDESTE, 1., Fortaleza, 1977. Anais. Fortaleza, Banco do Nordeste do Brasil, 1977. p.179-98.
- CARIOCA, J.O.B. & THIEMAN, W.H.P. Production of ethyl alcohol from babassu. Biotechnol. Bioeng., 20:443-5, 1978.
- INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA, Rio de Janeiro, RJ. Sorgo; matéria-prima renovável para a produção de etanol na escalada energética nacional. Inf. INT, 15/16:36-46, 1977.
- LIMA, T.B.S. Possibilidades de produção de álcool a partir de mandioca. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO DE ÁLCOOL NO NORDESTE, 1., Fortaleza, 1977. Anais. Fortaleza, Banco do Nordeste do Brasil, 1977. p.179-200.
- LORENZI, J.O. Produção de álcool de mandioca. In: GOLDEMBERG, J., coord. Energia do Brasil. São Paulo, Academia de Ciências do Estado de São Paulo, 1976. p.101-8. (Publicação ACIESP, 2)
- MENEZES, T.J.B. Alcohol production from cassava. In: WEBER, E.J.; COCK, J.H.; CHOUINARD, A. Cassava harvesting and processing; proceedings of a workshop held at CIAT, Cali, Colombia, 24-28 April 1978. Ottawa, International Development Research Centre, 1978. p.41-8.
- MENEZES, T.J.B. Etanol; o combustível do Brasil. São Paulo, Agrônômica Ceres, 1980. 233p.
- MENEZES, T.J.B. Matérias-primas para a produção de álcool etílico. Ci. e Cult., 31(6):632-7, 1979.
- MENEZES, T.J.B.; LAMO, P.R.; TEIXEIRA, C.G.; PURCHO, M. Possibilidades de produção de álcool a partir de sorgo sacarino. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO DE ÁLCOOL NO NORDESTE, 1., Fortaleza, 1977. Anais. Fortaleza, Banco do Nordeste do Brasil, 1977. p.211-29.
- NELSON, N. A photometric adaptation of the Somogy method for the determination of glucose. J. Biol. Chem., 153:357, 1946.
- SERRA, G.E. O sorgo sacarino como matéria-prima para produção de álcool etílico. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SORGO, 1., Brasília, 1977. Anais. Sete Lagoas, EMBRAPA-CNPMS, 1977. p.105-16.
- TEIXEIRA, C.G. Produção de álcool de mandioca; utilização de bolores na sacarificação do amido. Bragantia, 10(10):277-86, 1950.
- USBERTI FILHO, J.A. Melhoramento genético e perspectiva de lançamento de cultivares de gramíneas forrageiras no Brasil. R. bras. Sem., 3(1):135-41, 1981.
- USBERTI FILHO, J.A. Tobiatã; nova cultivar de capim colonião. Campinas, CECOR-DEXTRU/CATI, 1985. Separata de Casa agric., 4(1), 1982.
- USBERTI FILHO, J.A. & JAIN, S.K. Ecotypic differentiation in guineagrass (*Panicum maximum* Jacq.). Agro-Ecosystems, 5:147-58, 1979.
- USBERTI FILHO, J.A.; PEREIRA, C.A.; GALLO, P.B. Novos híbridos de capim colonião (*Panicum maximum* Jacq.) de elevado potencial forrageiro. In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. Reunião anual, 21., Belo Horizonte, 1984. Anais. Belo Horizonte, 1984. p.368.