



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENERGIA NUCLEAR
Programa de Pós-graduação em Tecnologias
Energéticas e Nucleares
PROTEN

PRODUTIVIDADE DE BIOMASSA DE SORGO SACARINO SEM
IRRIGAÇÃO NA ZONA DA MATA NORTE DE PERNAMBUCO

Mona Andrade Nagai

RECIFE – PE – BRASIL
JULHO - 2012

Mona Andrade Nagai

**PRODUTIVIDADE DE BIOMASSA DE SORGO SACARINO SEM
IRRIGAÇÃO NA ZONA DA MATA NORTE DE PERNAMBUCO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares – PROTEN do Departamento de Energia Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco, **para obtenção do grau de Mestre em Tecnologias Energéticas e Nucleares**. Área de concentração: Fontes Renováveis de Energia; Linha de pesquisa: Energia da biomassa.

Orientador: Dr. Rômulo Simões Cezar Menezes
Co-orientador: Dr. José Nildo Tabosa

RECIFE – PE – BRASIL
JULHO-2012

Catálogo na fonte

Bibliotecário Carlos Moura, CRB-4

N147p

Nagai, Mona Andrade.

Produtividade de biomassa de sorgo sacarino sem irrigação na Zona da Mata Norte de Pernambuco / Mona Andrade Nagai. - Recife: O Autor, 2012.

vi, 43 folhas, il., tabs.

Orientador: Prof^o Dr^o. Rômulo Simões Cezar Menezes.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares, 2012.

Inclui Referências e Apêndice.

1. *Sorghum bicolor* (L) Moench. 2. Culturas energéticas. 3. Produção de açúcares. 4. Sequeiro. I. Menezes, Rômulo Simões Cezar (Orientador). II. Título.

UFPE

CDD 662.88 (21. ed.)

BDEN/2012-008

**PRODUTIVIDADE DE BIOMASSA DE SORGO SACARINO SEM
IRRIGAÇÃO NA ZONA DA MATA NORTE DE PERNAMBUCO**

Mona Andrade Nagai

APROVADO EM: 31. 07. 2012

ORIENTADOR: Prof. Dr. Rômulo Simões Cezar Menezes
CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. José Nildo Tabosa

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. Dr. – Gerson Quirino Bastos – Agronomia/UFRPE

Profa. Dra. Karina Guedes Correia – DEN-UFPE

Prof. Dr. – Josimar Bento Simplicio Produção Vegetal/UFRPE

Visto e permitida a impressão

Coordenador do PROTEN/DEN/UFPE

Ofereço

À todas e todos que me apoiaram e
incentivaram em todos os momentos da
minha vida.

Dedico

A Ineide, minha mãe “in memoriam”, Luana
Massae e Luisa Yuri, minhas filhas, pelo
apoio, paciência e carinho.

AGRADECIMENTOS

À Deus por sempre me guiar e conceder saúde e força para realizar meus objetivos.

A Joercio, meu painho, Manuela e Milena, minhas irmãs, D. Edite, Sr. Tadao e Sergio Tadashi Nagai por sempre me apoiar em cada etapa da minha formação, pelo amor e afeto.

Ao amigo Borges (Edson), pelas dicas e troca de ideias.

A minhas amigas Taciana Santos e Karina Guedes (co-co-orientadora), por cada palavra amiga e sincera, pela amizade e incentivo.

Aos amigos Jesus, Martins, Primo, Dutra, Rennan, Erik, André, Tiaguinho, Patryk, Samuel, Laerte e Claudemiro, pelo apoio, incentivo, dicas, momentos de descontração e a ajuda para espantar “a cabra”.

A Claudenice, Gilberto e Pedrinho nas orientações no laboratório e atenção, e a Lia, Zacarias, Josenildo e Edivaldo sempre zelosos e atenciosos.

Ao professor Rômulo Menezes, pela confiança e palavras de incentivo.

Ao professor Everardo pelas orientações, ensinamentos e principalmente a amizade e o espírito alegre.

Ao professor Tabosa, que sempre me atendeu, ajudou e me orientou tanto na pesquisa como para ficar tranquila.

Aos funcionários do IPA – Sr. Bibi, Manoel Antônio, Nego e Luiz, pela ajuda e momentos de descontração no trabalho de campo.

A Patrícia, Cássio, Daniela e Eliemerson pela ajuda com a biomassa.

Agradeço ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudo durante o desenvolvimento deste trabalho, dital MCT/CNPq/FNDCT Nº 46/2009 (processo 551284/2010-2), a FACEPE, edital09/2010 (processo APQ-0718-5.01/10) pelo auxílio financeiro e ao Departamento de Energia Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco – DEN/UFPE, pelo uso das instalações dos laboratórios, com vista a realização do presente trabalho.

E por fim a todos e todas que contribuíram para que eu esteja aqui.

Muito obrigada!

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS

LISTA DE FIGURAS.....	ii
LISTA DE TABELAS.....	iii
RESUMO.....	v
ABSTRACT	vi
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 A cultura do sorgo	3
2.2 Aspectos gerais da cultura	4
2.3 O sorgo sacarino	7
2.4 Produtividade de sorgo sacarino	9
3. OBJETIVOS.....	11
3.1 Objetivo geral	11
3.2 Objetivos específicos	11
4. MATERIAL E MÉTODOS	11
4.1 Localização e caracterização das áreas experimentais	11
4.2 Experimento época de colheita	13
4.3 Avaliação das características agronômicas do sorgo	16
4.4 Experimento época de plantio	17
4.5 Análises estatísticas	19
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	19
5.2 Época de colheita.....	19
5.2 Época de plantio	27
6. CONCLUSÕES.....	35
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37
9. ANEXO I	43

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.	Estádio de crescimento 1 (EC-1)	05
FIGURA 2.	Estádio de desenvolvimento 2 (EC-2).	06
FIGURA 3.	Estádio de crescimento 3 (EC-3).	06
FIGURA 4.	Fenologia da planta do sorgo (TABOSA et al., 2011).	07
FIGURA 5.	Delineamento experimental adotado para avaliação da melhor fase de colheita do sorgo, em Itambé, PE, em 2011.	13

LISTA DE TABELAS

TABELA 1.	Dados de Temperatura máxima, média e mínima obtidos do IPA, Estação Experimental do IPA de Itambé, PE em 2011.	12
TABELA 2.	Características químicas do solo das áreas experimentais, época de plantio e época de colheita. Itambé, PE, 2011.....	12
TABELA 3.	Características agronômicas das cultivares de sorgo utilizadas no presente estudo.	14
TABELA 4.	Data de colheita das cultivares de sorgo, semeados em 18/05 do experimento época de colheita, em Itambé, PE, em 2011.....	16
TABELA 5.	Data de plantio e colheita das cultivares de sorgo, do experimento época de plantio em Itambé, PE, em 2011.	18
TABELA 6.	Produtividade de biomassa verde total, e produtividade verde de folha, colmo e panícula dos cultivares de sorgo em Itambé, PE, em 2011.....	20
TABELA 7.	Produtividade de biomassa total seca, e produtividade seca de folha, colmo e panícula dos cultivares de sorgo em Itambé, PE, em 2011.....	21
TABELA 8.	Teores de matéria seca nas folhas, colmo e panícula, e proporção das biomassas de folha, colmo e panícula em relação à biomassa aérea total dos cultivares de sorgo em Itambé, PE, em 2011	22
TABELA 9.	Dias para o florescimento, altura de planta, comprimento e diâmetro de colmo, das cultivares de sorgo em Itambé, PE, em 2011.	23
TABELA 10.	Teor de ^o Brix, açúcares redutores totais (ART), açúcar redutor (AR), eficiência de extração, produtividade de caldo de colmos e produtividade de açúcar das cultivares de sorgo, em Itambé, PE, em 2011	26
TABELA 11.	Produtividade de biomassa total verde, e produtividade verde de folha, colmo e panícula dos cultivares de sorgo em Itambé, PE, em 2011.	28
TABELA 12.	Produtividade de biomassa total seca, e produtividade seca de folha, colmo e panícula dos cultivares de sorgo em Itambé, PE, em 2011.	30

TABELA 13. Teores de matéria seca nas folhas, colmo e panícula, e proporção das biomassas de folha, colmo e panícula em relação à biomassa aérea total dos cultivares de sorgo em Itambé, PE, em 2011.....	31
TABELA 14. Altura de planta, comprimento e diâmetro de colmo, dos cultivares de sorgo em Itambé, PE, em 2011.	32
TABELA 15. Teor de ^o Brix, açúcares redutores totais (ART), açúcar redutor (AR), eficiência de extração, produtividade de caldo de colmos e produtividade de açúcar das cultivares de sorgo, em Itambé, PE, em 2011.	34

PRODUTIVIDADE DE BIOMASSA DE SORGO SACARINO SEM IRRIGAÇÃO NA ZONA DA MATA NORTE DE PERNAMBUCO

RESUMO

O potencial de cinco cultivares de sorgo como fonte alternativa de biomassa para a produção de etanol foi avaliado em dois experimentos na localidade de Itambé, PE, sob regime de sequeiro, conduzido em 2011. Em um experimento objetivou-se identificar a melhor época de plantio para três cultivares semeadas em maio, junho, julho e agosto, as colheitas foram feitas na fase de maturação fisiológica do grão. No outro experimento, para identificar a melhor fase de colheita, cinco cultivares foram semeadas em 18 de maio e colhidas nas fases de emborrachamento, grão leitoso/pastoso e grão duro. As variáveis avaliadas foram: produtividade de biomassa verde e seca total, produtividade de folha, colmo e panícula, altura de planta, comprimento e diâmetro de colmo, produtividade de caldo, °Brix e eficiência de extração. Todas as cultivares tiveram influência da data de semeadura, e as plantas semeadas em maio tiveram os melhores rendimentos, em todas as variáveis, destacando-se as cultivares IPA 467-4-2 e SF 15. No experimento época de colheita observou-se que a partir da fase de grão leitoso/pastoso e grão duro, na maioria das variáveis, as plantas apresentaram as características mais adequadas para o corte de interesse industrial no âmbito sucroalcooleira, destacando-se as cultivares IPA 467-4-2, SF 15 e SF 11.

Palavras-chave: *Sorghum bicolor* (L) Moench, culturas energéticas, produção de açúcares, sequeiro.

BIOMASS PRODUCTIVITY OF NON-IRRIGATED SWEET SORGHUM IN THE MATA REGION OF THE STATE OF PERNAMBUCO, NORTHEAST OF BRAZIL

ABSTRACT

The potential of five cultivars of sorghum as an alternative source of biomass for ethanol production was evaluated in two experiments in the county of Itambé, state of Pernambuco, Northeast of Brazil, under non-irrigated conditions, carried out during 2011. The objective of the first experiment was to identify the best planting time for three cultivars sown in May, June, July and August. The respective harvests were made at physiological maturity of grain. The objective of the second experiment was to identify the best time of harvest. Five cultivars were sown on May 18 and harvested at the boot stage, milky / paste stadium and dry grain. The variables evaluated were: total productivity of green and dry biomass; productivity of leaf, stem and panicle; plant height; length and diameter of stem; productivity of juice; °brix; and extraction efficiency. All cultivars were affected by sowing date, and the plants sown in May had the best performances in all variables, especially the cultivars IPA 467-4-2 and SF 15. In the harvest time experiment it was observed that from the milky/paste stadium to dry grain, for the majority of the variables, the plants showed the most favorable characteristics for cutting aimed at producing sugar and ethanol, especially the cultivars IPA 467-4-2, SF 15 and IPA SF 11.

Keywords: *Sorghum bicolor* (L) Moench, energy crops, sugar, non-irrigated crop

1. INTRODUÇÃO

Promover um desenvolvimento sustentável tem sido uma meta mundial, desde o protocolo de Kyoto. De maneira geral há uma preocupação em pesquisar novas fontes de energia, dada a limitação das reservas mundiais e aumento da dificuldade de extração dos combustíveis fósseis, a instabilidade do preço desses combustíveis, bem como a preocupação em diminuir as emissões de gases de efeito estufa e consequentemente do aquecimento global. Uma alternativa encontrada a esse tipo de energia foi a utilização da biomassa e o incentivo ao uso do biocombustível etanol, como combustível nos automóveis, principalmente dos modelos flex o que vem sendo favorável para o Brasil tanto do ponto de vista econômico (em face do Brasil se constituir como pioneiro e grande produtor de etanol a partir da cana-de-açúcar e de culturas similares) como ambiental (potencial de redução de emissões de CO₂ na atmosfera).

Dentre as fontes renováveis estão os dois principais biocombustíveis líquidos utilizados no Brasil, o etanol, produzido a partir da cana-de-açúcar, e, em escala crescente, o biodiesel, produzido a partir de óleos vegetais ou gorduras animais (CHENG e TIMILSINA, 2011).

Atualmente, o Brasil é reconhecido como potência na produção de etanol sendo o candidato natural a liderar a produção economicamente competitiva e a exportação mundial desse combustível devido aos menores custos de produção, balanço energético positivo, enorme possibilidade de ampliação da produção de etanol e domínio tecnológico nas áreas industrial e agrícola.

O etanol é produzido nas regiões Norte-Nordeste e Centro-Sul. Aproximadamente 92% da produção nacional é oriunda da região Centro-Sul; enquanto 8% são produzidos na região litorânea do Nordeste, principalmente Pernambuco e Alagoas. Na safra de 2010/2011, a produção de etanol no Brasil, foi de 27,6 bilhões de litros (DCAA/SPA/MAPA, 2012).

Está previsto que a demanda pelo etanol no mundo triplique, partindo dos atuais 70 bilhões de litros por ano, para mais de 200 bilhões de litros ao fim da década, se os países que determinaram mandatos de mistura do etanol à gasolina cumprirem as metas até 2020 (SÃO PAULO, 2011).

Embora a cana-de-açúcar seja forte candidata a suprir as futuras demandas, sua produção será fortemente limitada pelas exigências edafoclimáticas das variedades

existentes. A viabilização da produção da cana-de-açúcar está diretamente relacionada à disponibilidade de água sendo necessários de 1200 a 2500 mm de chuva ou lâminas de irrigação bem distribuída para atingir a produção potencial (DOOREMBOS e PRUITT, 1976). Na Zona da Mata de Pernambuco o volume das chuvas é adequado em quase toda a sua área (variando de cerca de 1100 a 2000 mm), porém a distribuição das chuvas é bastante irregular, com uma estação seca de primavera/verão bem pronunciada que pode durar cerca de 5 a 6 meses. O relevo bastante acidentado principalmente na Mata Sul dificulta ou inviabiliza a instalação de sistemas de irrigação. Essas características diminuem a aptidão de várias áreas da Zona da Mata para o cultivo da cana. Além disso, existe a preocupação da demanda futura por água para outros fins não agrícolas, restringindo ainda mais a viabilidade do cultivo da cana-de-açúcar nos locais onde essa cultura necessita de irrigação complementar.

É nesse contexto que surge a necessidade de diversificação de fontes de biomassa para a produção de etanol sem necessidade de irrigação. O sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* L. Moench) é uma cultura agrícola rústica com aptidão para áreas tropicais, subtropicais e temperadas, tolerante a estresses abióticos e podendo ser cultivado em diferentes tipos de solos e sob condições salinas (ALMODARES e HADI, 2009; VASILAKOGLU et al., 2011).

Nesse sentido, o sorgo pode ser uma alternativa viável para as áreas da Zona da Mata nordestina onde a cana-de-açúcar já não apresenta produtividade satisfatória, devido ao menor índice pluviométrico e pela má distribuição das chuvas.

A análise do comportamento de cultivares é de extrema importância para verificar a sua performance ao longo dos meses de cultivo (SILVA et al., 2005). No Brasil, porém, informações sobre a adaptabilidade e estabilidade do sorgo a diferentes regiões ainda são escassas. Segundo Ramalho et al. (1993) para minimizar os efeitos da interação cultivares x ambientes, é necessário identificar cultivares mais estáveis e adaptados às condições específicas do ambiente.

O sorgo responde à interação de diversos fatores edafoclimáticos, os de maior influência sobre a cultura são a temperatura do ar, a radiação solar, a precipitação e a disponibilidade de água no solo, que fazem com que ele apresente diferentes produtividades em diferentes regiões.

Um fator de grande importância para a obtenção de rendimentos elevados no cultivo do sorgo é o uso de cultivares adaptadas aos sistemas de produção e às

condições de ambiente encontradas nas regiões de plantio, com planejamento e manejo adequado. Se realizado tardio, em condições de sequeiro, tende a reduzir drasticamente a produtividade da lavoura, devido à falta de água em época de grande demanda pela planta, ou seja, após seu florescimento (EMBRAPA, 2011).

As variações ocorridas nas condições climáticas, principalmente na temperatura em diferentes períodos do ano, afetam o desenvolvimento das cultivares de sorgo (MARTIN; VANDERLIP, 1997). Além disso, as épocas de semeadura ocasionam mudanças no rendimento de massa verde, tornando-as decrescentes à medida que se atrasa a época de semeadura do sorgo (ALCÂNTARA et. al, 2005). Desta forma, o uso de materiais mais adaptados a diversas condições torna-se fundamental na diminuição dos riscos advindos do clima.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo principal avaliar o potencial de cinco cultivares de sorgo, em quatro épocas de plantio e três fases de colheita sob regime de sequeiro no município de Itambé, na Zona da Mata Norte de Pernambuco.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura do sorgo

A origem do sorgo está provavelmente na África, embora algumas evidências indiquem que possa ter havido duas regiões de dispersão independentes: África e Índia. A domesticação do sorgo, segundo registros arqueológicos, deve ter acontecido por volta de 3000 a.C., ao tempo em que a prática da domesticação e cultivo de outros cereais era introduzida no Egito Antigo a partir da Etiópia.

Destaca-se como o quinto cereal de maior produção no mundo (FAO, 2010) e o quarto no ranking de produção brasileiro (IBGE, 2010). Por sua versatilidade e facilidade de produção, o sorgo tem sido utilizado como base alimentar de milhões de pessoas, principalmente na África e na Ásia, chegando a suprir cerca de 70% da ingestão calórica diária em algumas regiões (DICKO et al., 2006; TAYLOR et al., 2006). Nos demais continentes, o cereal tem sido utilizado basicamente na alimentação animal (ITAVO et al., 2009; MENEZES et al., 2009), no entanto apresenta potencial a

ser explorado também na alimentação humana (SCHOBER et al., 2007; RODRIGUES FERREIRA et al., 2009).

Como biocombustível, dentre as diversas matérias-primas renováveis disponíveis para produção de etanol, o sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) vem ganhando destaque, no Brasil. Já é fonte de produção de etanol em países como Índia, China, Austrália e África do Sul, sendo considerado a “cana-de-açúcar” do meio oeste americano, e é hoje umas das apostas americanas para substituir o milho na produção de etanol (EMYGDIO, 2010).

2.2 Aspectos gerais da cultura

O sorgo é uma monocotiledônea C4, pertencente a família Poaceae, gênero *Sorghum* e espécie *S. bicolor*. Planta típica de clima quente, de características xerófilas, que além de baixa exigência em termos de riqueza mineral do solo, apresenta tolerância/resistência aos fatores abióticos, tais como: estresse hídrico, salinidade e encharcamento.

As variedades de sorgo revelam consideráveis diferenças, no que tange às características da planta e do grão, bem como às respostas fisiológicas aos fatores ambientais (EMBRAPA, 2011). Sua principal característica é a resistência ao estresse hídrico e o desenvolvimento em solos com características salinas (FAO, 2002). Apresenta elevada eficiência de uso de água, (KIMDAMBI et al., 1990; PENG e KRIEG, 1992) sendo necessários, em média, 250 a 400g de água para produzir 1g de matéria seca. Essa eficiência é superior à da grande maioria das gramíneas tropicais (TABOSA et al., 1987), por possuir características fisiológicas que permitem paralisar o crescimento ou diminuir as atividades metabólicas durante o estresse hídrico, acumulando reservas metabólicas e reiniciando o crescimento quando a água torna-se disponível (MASOJIDEK et al., 1991).

Para o sorgo, existem diferentes respostas à duração do período luminoso diário, sendo que os materiais genéticos podem ser classificados como sensíveis ou insensíveis ao fotoperiodismo. O sorgo sensível é uma planta de dias curtos, ou seja, floresce em períodos do ano com noites longas (EMBRAPA, 2010).

Agronomicamente, os sorgos são classificados em quatro grupos: 1) granífero; 2) forrageiro para silagem e/ou sacarino; 3) forrageiro para pastejo/corte; e 4) verde/fenação/cobertura morta e vassoura. O primeiro grupo inclui tipos de porte baixo que são adaptados à colheita mecânica. O segundo grupo inclui tipos de porte alto, apropriados para silagem e/ou produção de açúcar e álcool. O terceiro grupo inclui sorgos utilizados para pastejo, corte verde, fenação e cobertura morta. O quarto grupo inclui tipos de cujas panículas são confeccionadas vassouras (EMBRAPA, 2009).

Dos quatro grupos, o sorgo granífero é o que tem maior expressão econômica (EMBRAPA, 2009). Seu desenvolvimento fenológico é dividido em três fases (estádios de crescimento – EC): EC1 - que vai da germinação até a iniciação da panícula (Figura 1); EC2 - que vai desde a iniciação da panícula até o florescimento (logo após iniciar o florescimento, acontece o rápido alongamento do colmo e da panícula levando a planta ao estágio chamado de emborrachamento) (Figura 2); EC3 - que vai da floração à maturação fisiológica. Neste estágio inicia-se uma rápida transferência de nutrientes acumulados nas folhas e nos colmos para as panículas, os grãos passam do estágio de grão leitoso para o estágio de massa dura ou pastoso (Figura 3). Na Figura 4 é apresentada a fenologia da planta do sorgo mais detalhada.

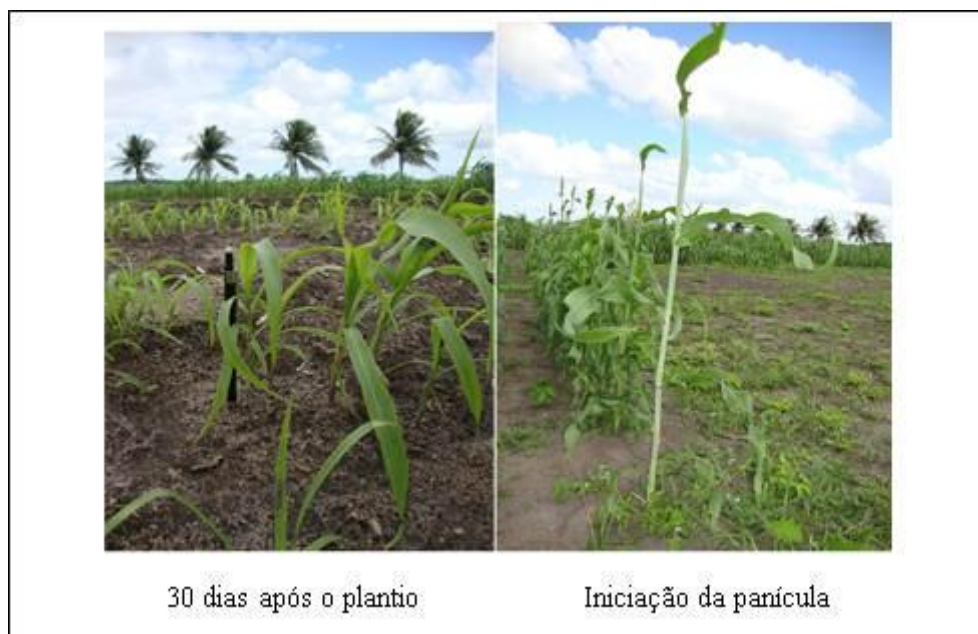


Figura 1: Estádio de Crescimento 1 - (EC1)



Figura 2: Estádio de Crescimento 2 - (EC2)



Figura 3: Estádio de Crescimento 3 - (EC3)

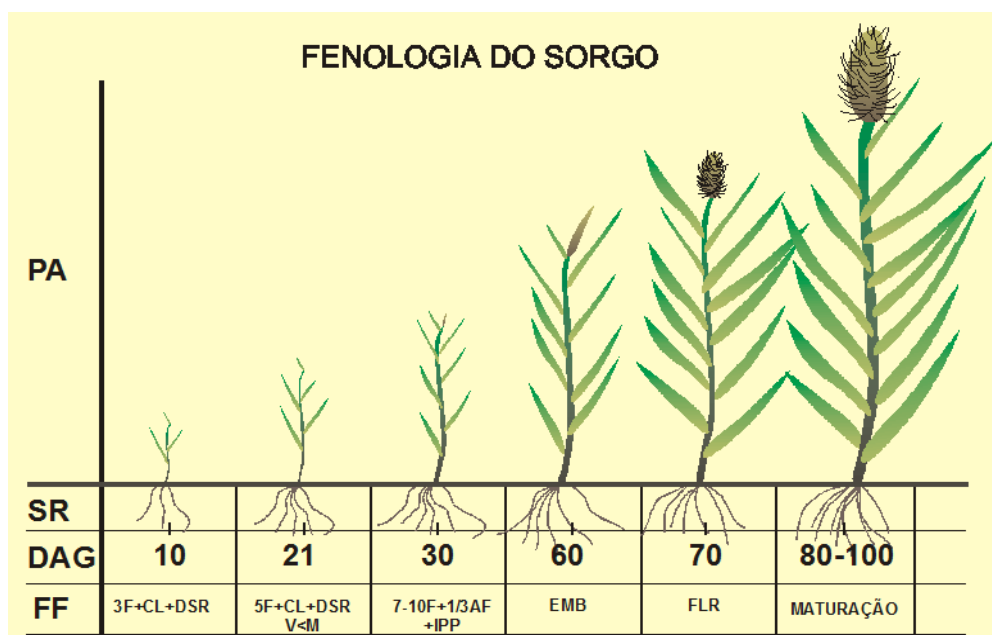


Figura 4. Fenologia da planta de sorgo. PA - parte aérea; SR – sistema radicular; DAG- dias após a germinação; FF- fase fenológica; F- folha; CL-caulículo; DSR- desenvolvimento do sistema radicular; V<M- até 21 dias, o sorgo apresenta menor vigor (V) do que o milho (M); AF- área foliar; IPP – início do ponto de crescimento; EMB-emborrachamento; FLR-floração. Fonte: TABOSA, 2011.

2.3 O sorgo sacarino

No Brasil, os estudos do sorgo sacarino para obtenção de etanol tiveram início na década de 70 com a crise do petróleo, tendo continuidade com a vigência do Programa Nacional do Álcool (Proálcool). Hoje, as pesquisas estão sendo conduzida pela Embrapa Milho e Sorgo (CNPMS), em Sete Lagoas, MG, e pelo Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA, para a obtenção de cultivares com boa produção de massa verde, com teores altos de açúcares nos colmos, juntamente com uma produção razoável de grãos. Neumann et al. (2002), citado por Lima et al. (2010), esclareceram que os programas de pesquisa têm como meta principal explorar ao máximo os bancos genéticos da cultura do sorgo.

A Embrapa Milho e Sorgo vem realizando trabalhos de pesquisa visando à introdução, adaptação e desenvolvimento de cultivares de sorgos granífero, forrageiro e sacarino com altos rendimentos e tolerância a condições de estresses bióticos e abióticos. Esses trabalhos têm possibilitado a obtenção e o lançamento de cultivares com valores agregados que permitem a melhoria do desempenho da cultura nas

condições predominantes de cultivo das regiões produtoras. Ao todo, foram lançadas em 30 anos, 55 cultivares de sorgo (EMBRAPA, 2010). No estado de Pernambuco, o IPA também tem trabalhado na busca de materiais genéticos cada vez mais eficientes quanto à tolerância aos fatores ambientais inerentes a região semiárida, tais como: estresse hídrico e salino, entre outros. O trabalho teve início na década de 70, na condução de gerações resultantes inicialmente do cruzamento entre IPA 7301218 e linhas tradicionais sacarinas. Essas progênies apresentaram comportamento promissor, com produtividade de matéria verde compreendida entre 36 e 102 t ha⁻¹, °Brix elevado (19-22) e altura de plantas de 260 a 320 cm (IPA, 1984).

Na década de 80, três cultivares de sorgo sacarino foram lançadas pela EMBRAPA: as variedades BRS 506 e os híbridos BRS 601 – que ainda permanece no mercado – e BRS 602. A cultivar BRS 506 tem apresentado um maior rendimento de álcool por hectare, sendo também insensível ao fotoperiodismo. Todas essas cultivares são bastante produtivas e apresentam rendimento de aproximadamente quatro mil litros por hectare de etanol em um período de três meses e meio, que é o tempo gasto para completar o seu ciclo (AGROSOFT, 2010). Atualmente, estão disponíveis no mercado cultivares de sorgo sacarino que estão sendo testadas pela Embrapa Milho e Sorgo em diversas regiões brasileiras, sendo estas variedades bastante produtivas e apresentando produtividade em torno de 50 toneladas por hectare de biomassa verde e boa disponibilidade de folhas (IPA, 2007). Dentre elas a IPA 467-4-2, resultante do cruzamento da cultivar IPA-7301218 x cultivares sacarinas tradicionais para a obtenção do material forrageiro, de elevado potencial de produção, é a variedade mais comercializada na região Nordeste e avaliada como promissora no Vale do Itajaí-SC (ALMEIDA et al., 1993).

A variedade SF 15 é originária a partir do cruzamento entre a variedade sacarina IPA 7301218 e a variedade IPA 7301158 (material de colmo seco, introduzido do continente africano). Foi testada e avaliada em diferentes ambientes dos Estados do Rio Grande do Norte, Pernambuco, Ceará, Sergipe e Alagoas. Neste último, foram obtidos os mais elevados resultados de rendimento de matéria seca e adaptabilidade, quando comparado aos demais. (SEAGRI/DIPAP, 2008).

2.4 Produtividade de sorgo sacarino

O sorgo responde à interação de diversos fatores edafoclimáticos. Os de maior influência sobre a cultura são a temperatura do ar, a radiação solar, a precipitação e a disponibilidade de água no solo (EMBRAPA, 2011), que fazem com que ele apresente diferentes produtividades em diferentes regiões.

Um fator de grande importância para a obtenção de rendimentos elevados no cultivo do sorgo é o uso de cultivares adaptadas aos sistemas de produção e às condições de ambiente encontradas nas regiões de plantio, com planejamento e manejo adequado. E por isso o produtor deve ficar atento ao planejamento do plantio, pois se realizado tardio, em condições de sequeiro, tende a reduzir drasticamente a produtividade da lavoura, devido à falta de água em época de grande demanda pela planta, ou seja, após seu florescimento (EMBRAPA, 2011).

Suas principais características residem na eficiência no uso de água (1/3 da cana-de-açúcar e 1/2 do milho) e no bom desenvolvimento em diferentes tipos de clima e solos. Em geral o sorgo sacarino produz 2 t ha⁻¹ de grãos e 50 t ha⁻¹ de colmos, sendo o caldo presente no colmo, rico em sacarose, glicose e frutose, a parte de maior interesse para a produção de etanol de primeira geração (WU et al., 2010). A produção de etanol a partir da fermentação do suco do sorgo situa-se em aproximadamente 3451 L ha⁻¹ (PRASAD et al., 2007).

Teixeira et al. (1999) ao analisarem a influência da época de corte, sobre o teor de açúcares dos colmos da cultivar BR 505, nos anos agrícolas 1984/85, 1985/1986 e 1986/87, concluíram que o rendimento em massa verde e o teor de açúcares nos colmos foram mais elevados quando as plantas atingiram a maturidade fisiológica, que nessa cultivar ocorreu cerca de 121 dias após o plantio. Observaram também que o plantio tardio e a não realização da adubação nitrogenada em cobertura, provocam uma redução acentuada no rendimento de biomassa verde, como também no teor de açúcares dos colmos. Teixeira et al. (1999), mencionando Broadhead e Dempsey (1969), destacaram que observação semelhante quanto à redução no rendimento de colmos e no teor de açúcar da variedade Rio, no estado do Mississippi foi ocasionada devido ao plantio tardio.

No estudo realizado em Janaúba, MG (BORGES et al., 2010) com a cultivar BRS 506, observaram comportamento quadrático para °Brix, ART e AR, e concluíram que a colheita pode iniciar na terceira semana após o florescimento até a primeira semana após a maturidade fisiológica (19 a 44 DAF), e os maiores resultados de °Brix (19) e ART (11,8 g.100ml⁻¹) foram próximo a maturidade fisiológica (31 DAF).

Lima et al. (2010a), objetivando selecionar, incorporar e adaptar novas tecnologias/cultivares de sorgo sacarino, mais tolerantes às condições climáticas adversas da região semiárida, avaliaram 12 cultivares, oriundas do Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA de Pernambuco. Deparam-se com uma amplitude de mais de 40 t ha⁻¹ de massa verde, entre a variedade mais produtiva (SF-15 com 60,77 t ha⁻¹) e a variedade menos produtiva (WILLEY com 19,70 t ha⁻¹), mostrando assim, a variabilidade genética entre os materiais. As produções de caldo ficaram entre 5,33x1000 L ha⁻¹ e 1,43 x 1000 L ha⁻¹, e no que diz respeito ao °Brix variaram de 11° a 21°, sendo o menor °Brix do cultivar SF-15. Os autores concluíram que as cultivares BR-506 e IPA-467-4-2 se mostraram as mais produtivas. A IPA 467-4-2 apresentou produtividade de 52,94 t ha⁻¹ de massa verde, 4,46 x 1000 L ha⁻¹ de caldo e 15,5° Brix.

Em outro estudo, Souza et al. (2005), avaliando a cultivar IPA 467-4-2 em condições de irrigação e adubação orgânica e mineral, obtiveram produtividades de massa verde total de 64 t ha⁻¹, e das frações colmo e folhas de 46 t ha⁻¹ e 18 t ha⁻¹, respectivamente. Concluíram que as características agrônomicas apresentadas pela cultura do sorgo indicam a sua potencialidade como grande produtor de biomassa e sementes, elevada capacidade de rendimento de colmos, alta percentagem de extração de caldo, alto conteúdo de sólidos solúveis totais, similar ao da cana-de-açúcar.

Parrella (2010), avaliando o desempenho de 25 cultivares de sorgo sacarino em diferentes regiões edafoclimáticas no Brasil visando a produção de etanol, observou que as cultivares diferiam geneticamente quanto a altura de planta, produção de biomassa verde e sólidos totais no caldo extraído dos colmos, com cultivares variando de 2,57 a 3,09 m, 38,13 a 54,56 t ha⁻¹ e 13,99 a 20 °Brix.

Em estudo desenvolvido em Araripina, região semiárida de Pernambuco (TABOSA et al., 2010) a IPA 467-4-2 e SF 15 apresentaram produtividades de 29,5 t ha⁻¹, com 703 mm de precipitação no ciclo da cultura.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Avaliar o potencial de cinco cultivares de sorgo como fonte alternativa de biomassa para a produção de etanol em área subúmida da zona da mata de Pernambuco, sob regime de sequeiro.

3.2 Objetivos específicos

- Identificar a fase adequada de colheita de cinco cultivares de sorgo, visando a extração do caldo para a produção do etanol;
- Identificar a época adequada de plantio para três cultivares de sorgo, sem irrigação.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização e caracterização das áreas experimentais

Os experimentos foram instalados no campo experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA, no município de Itambé, na Microrregião da Mata Setentrional e na Mesorregião da Mata do estado de Pernambuco. O município limitando-se ao norte com o estado da Paraíba, ao sul com os municípios de Aliança e Condado, a leste com Goiana e a oeste com Camutanga e Ferreiros. Dista 95,5 km de Recife, na latitude 07°25' S e longitude 35°06' W Gr, com altitude em torno de 190 metros. Possui uma área de 306,32km². Tem clima tropical chuvoso com verão seco As' (CPRM, 2005), evapotranspiração potencial de 1.445 mm, precipitação média anual de aproximadamente 1.200 mm, e temperatura média ambiental de 25 °C. Dados de temperatura estão na tabela 1 e de precipitação diária em anexo 1.

Tabela 1: Dados de Temperatura máxima, média e mínima obtidos do IPA, Estação Experimental do IPA de Itambé, PE, em 2011.

Meses	TEMPRATURA °C		
	Máxima	Mínima	Média
Janeiro	31,5	21,8	26,6
Fevereiro	32,2	22,2	27,2
Março	33,3	21,9	27,6
Abril	31,5	22,9	27,2
Maio	30,4	24,1	27,2
Junho	29,3	22,6	25,9
Julho	28,6	22,1	25,3
Agosto	27,8	19,7	24,5
Setembro	29,2	19,8	23,7
Outubro	30,3	20,3	25,3
Novembro	31,3	20,5	25,9
Dezembro	32,0	20,6	26,3

Fonte: Tabosa, et al. (2010).

O solo do campo experimental foi classificado como franco argilo-arenoso, com 577, 102, 321g kg⁻¹ de areia, silte e argila, respectivamente. A caracterização química foi realizada em amostra composta do solo na camada de 0 a 20 cm, coletado em março de 2011 (Tabela 2). A análise foi realizada no laboratório de fertilidade do solo do Departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Tabela 2: Características químicas do solo das áreas experimentais, época de plantio e época de colheita. Itambé, PE, 2011.

pH	P	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺² + Mg ⁺²	Ca ⁺²	Al ⁺³	H + Al	C.O.	M.O.
(água-1: 2,5)	(mg/dm ³)	----- (cmol _c /dm ³) -----			-----		(cmol _c /dm ³)	-----g/kg-----	
4,81	11	0	0,12	3,60	2	0,55	7,06	19,69	33,95

Em ambos os ensaios foi adotado o delineamento experimental de blocos casualizados em arranjo fatorial. O bloco demarcado foi dividido em 15 parcelas. Cada parcela constituída por quatro fileiras de 6 m de comprimento, espaçadas de 0,8 m entre linhas. A área útil foi considerada como as duas fileiras centrais, descontando 0,5m de cada extremidade, perfazendo uma área útil de 8,0 m².

4.2 Experimento época de colheita

Para avaliar a melhor fase de colheita realizou-se experimento adotando-se um delineamento experimental em blocos casualizados em arranjo fatorial do tipo (5 x 3) representado por 5 cultivares: BR 506, IPA 467-4-2 (S 2000), IPA 2502, SF 15-AL, SF 11, e 3 fases de colheita: emborrachamento, grão leitoso, grão duro, com quatro repetições (Figura 2). As características das cultivares estão na Tabela 3.

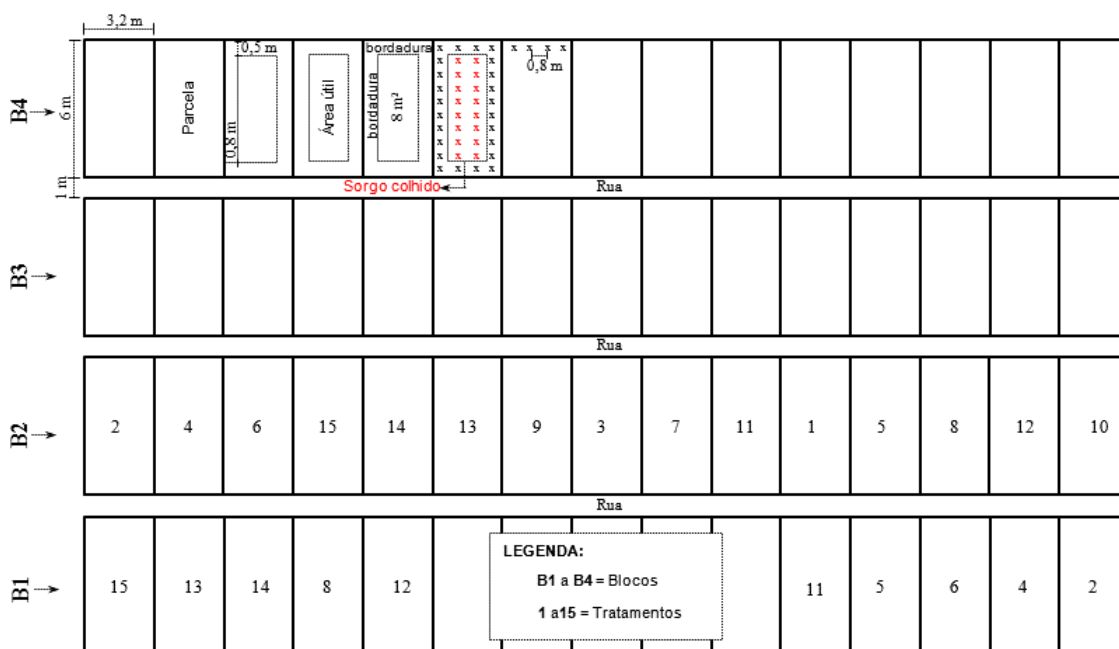


FIGURA 5: Delineamento experimental adotado para avaliação da melhor fase de colheita do sorgo, em Itambé, PE, em 2011.

Todos os tratamentos foram identificados com piquete de madeira enumerados de 1 a 15, nos quais 1, 6 e 11 representavam/identificavam os tratamentos V1FC1, V1FC2 e V1FC3; 2, 7 e 12 os tratamentos V2FC1, V2FC2 e V2FC3; 3, 8 e 13 os tratamentos V3FC1, V3FC2 e V3FC3; 4, 9 e 14 os tratamentos V4FC1, V4FC2 e V4FC3, e 5, 10 e 15 os V5FC1, V5FC2 e V5FC3 respectivamente. Sendo V= cultivares, em que V1= IPA 467-4-2; V2 = SF11; V3 = BR 506; V4 = SF 15 e V5 = IPA 2502, e FC = fase de colheita, em que FC1, FC2 e FC3 as fases de colheitas no emborrachamento, grão leitoso/pastoso e grão duro, respectivamente.

Tabela 3. Características agronômicas das cultivares de sorgo utilizadas no presente estudo.

	CULTIVARES				
	IPA 2502	SF15-AL	IPA 467-4-2	BR 506	SF 11
Altura média da planta (m)	1,8 a 2	2,5 a 3,5	2,5 a 3,5	3 a 3,3	3,5
Florescimento (dias)	65	90 a 100	Tardio 95	Precoce 75 a 85	90 a 96
Produção de matéria verde total (t ha ⁻¹)	20 a 30	40 a 60	40 a 60	50 a 60	35 a 50
Produção de matéria seca total (t ha ⁻¹)	15 a 18		15 a 18		12 a 20
°Brix do colmo (%)	15 a 20	12 a 15	15 a 20	15 a 22	---
Natureza do colmo	Suculento/Sacarino	Semi-suculento	Suculento/sacarino	Suculento	Forrageiro
Ciclo total (dias)	110	120-140	120-140	120-130	120 – 140
Registrada no MAPA sob nº	0499, em 09/06/2000		01325, em 30/09/1998		27.714, em 25/04/2011
Mantenedor	IPA- Sorgo 2502.cdr		IPA- Sorgo 467-4-2.cdr		IPA
Lançada pela		Seagri – AL/IPA			

Fontes: IPA - Sorgo 2502; SEAGRI/DIPAP- Sorgo SF 15 (2008); IPA - Sorgo 467-4-2; Embrapa Milho e Sorgo- BR 506; Sorgo IPA SF 11.

Com base na análise do solo coletado na área experimental (Tabela 2), foi aplicado 1,5 t ha⁻¹ de calcário 30 dias antes do plantio.

Em 18 de maio, as cinco cultivares de sorgo foram semeadas, manualmente, em linha contínua, em sulcos de 5 cm de profundidade. As sementes foram fornecidas pelo Instituto Agronômico de Pesquisa - IPA.

Foi realizada a adubação de fundação aplicando-se o equivalente a 777 kg ha⁻¹ na formulação NPK 90-90-60, tendo como fonte de nutrientes, uréia, superfosfato simples e cloreto de potássio, aplicados no sulco aberto paralelamente ao da semeadura. Foi realizada a adubação de cobertura um mês após o plantio aplicando 60 kg N/ha de ureia na base das plantas. As adubações foram feitas conforme recomendações da análise de solo (Tabela 3). Realizou-se também uma adubação foliar aos 80 dias após o plantio (DAP), apenas nos tratamentos dos meses de maio e junho, não sendo aplicado em julho e agosto porque as plantas não tinham atingido a fase de floração.

No decorrer do experimento, foram realizadas capinas manuais para controle das plantas espontâneas, até que o sorgo se estabelecesse. Foi realizado um controle das formigas cortadeiras, com iscas atrativas e formicidas, dias após o plantio.

Desbastes foram realizados trinta dias após o plantio, mantendo uma densidade de 12 plantas por metro linear, a fim de manter um estande de 120 plantas na área útil ou de 150 000 plantas por hectare. Foi realizado o replantio parcial em todas as parcelas no dia 2 de junho, devido à erosão causada pela chuva do dia 20/05 (160 mm) ter carregado as plântulas da área.

Antes de iniciar a colheita foi feita a contagem do estande e a retirada de duas amostras contendo dez plantas cada uma. Uma destinada à extração do caldo para determinação da produtividade e aferição do °Brix, e a outra para determinação das produtividades de matéria verde e matéria seca das partes (folha, colmo e panícula), das alturas das plantas, do comprimento e do diâmetro dos colmos. As amostras foram pesadas em campo e levadas para o Departamento de Energia Nuclear da UFPE, onde foram realizados os procedimentos necessários para as determinações das principais características agronômicas.

As três fases de colheita foram: pré-florescimento (emborrachamento)-compreendido desde a iniciação da panícula até o florescimento; grão leitoso/pastoso – após o florescimento, iniciando uma rápida transferência de nutrientes acumulados nas folhas e nos colmos para o enchimento dos grãos; grão duro – maturação fisiológica do grão. Na Tabela 4 são apresentadas as datas de colheita e os períodos de cultivo (dias após plantio – DAP) e a proporção de plantas colhidas em relação ao plantio (estande final).

Tabela 4: Data de colheita das cultivares de sorgo, semeados em 18/05 do experimento época de colheita, em Itambé, PE, em 2011.

Cultivares	Fases	Data colheita	DAP	Estande final (%)
IPA 467-4-2	Emborrachamento	24/08 (b - 3 e 4)	98	80
		30/08 (b - 1 e 2)	104	
	Grão leitoso/pastoso	4/10	140	66
	Grão duro	13/10	149	63
SF 11	Emborrachamento	24/08 (b - 1 e 2)	98	72
		30/08(b - 3 e 4)	104	
	Grão leitoso/pastoso	15/9 (b - 2 e 4)	120	78
		4/10 (b - 1 e 3)	140	
	Grão duro	13/10	149	63
BR 506	Emborrachamento	11/08	85	50
	Grão leitoso/pastoso	18/08	92	37
	Grão duro	13/10	149	35
SF 15	Emborrachamento	09/09	114	76
	Grão leitoso/pastoso	04/10	140	77
	Grão duro	13/10	149	64
IPA 2502	Emborrachamento	11/08	85	68
	Grão leitoso/pastoso	18/08	92	75
	Grão duro	13/10	149	56

4.3 Avaliação das características agronômicas do sorgo

As características agronômicas avaliadas foram:

- Dias para o florescimento - número de dias da emergência até que metade das panículas estivessem com as flores abertas, em 50% das plantas;
- Dias para colheita - desde o período da semeadura até o estágio de colheita de pré-florescimento (emborrachamento), grão leitoso e grão duro;
- Altura de planta - medida desde a base do corte do colmo, rente ao chão, até o topo da panícula, com uma trena com precisão de 0,5 cm;
- Comprimento do colmo - medido desde a base do colmo, cortado rente ao chão, até a altura do primeiro nó abaixo da inserção da panícula, com trena com precisão de 0,5 cm;

- e) Diâmetro do colmo - medido com paquímetro digital com precisão de 0,1 mm, a 20 cm da base do colmo. Havendo plantas inferiores a 20 cm, as médias foram realizadas apenas com as que compuseram a amostra de 10 plantas;
- f) Peso de 10 colmos - pesados os colmos limpos, com balança digital manual de campo, com precisão de duas casas decimais e capacidade de pesar até 50 kg;
- g) Produção de caldo - determinada pela extração e pesagem do caldo dos dez colmos das plantas da área útil, passados por no mínimo três vezes em uma moenda elétrica de aço inoxidável (do tipo utilizado na extração de caldo de cana-de-açúcar) e pesado em balança digital;
- h) Teor de °Brix - determinado com refratômetro portátil, do caldo extraído dos dez colmos;
- i) Concentração de açúcares redutores (AR) e redutores totais (ART) pelo método do ácido 3-5-dinitrossalicílico (MILLER, 1959);
- j) Produção de matéria verde total - pesando todas as plantas da área útil de cada parcela, extrapolando para $t\ ha^{-1}$;
- k) Produção de matéria seca de folhas, colmos e panículas ($t\ ha^{-1}$): determinadas a partir da pesagem das folhas, colmos e panículas das 10 plantas da área útil, das quais foram retiradas subamostras de 200 g da matéria verde para determinação do teor de matéria seca, levadas para secar em estufa de circulação forçada, à temperatura de 65°C, por no mínimo 48 h, até atingir peso constante. O teor de matéria seca das folhas, colmos e panículas foi determinado através da fórmula:

$$\% M.S. = [\text{peso da amostra seca (g)} / \text{peso da amostra verde (g)}] \times 100$$

4.4 Experimento época de plantio

Para avaliar a melhor época de plantio realizou-se um experimento adotando-se um delineamento experimental em blocos casualizados em arranjo fatorial do tipo 3 x 4 representado por 3 cultivares (IPA 467-4-2, BR 506, e SF 15) x 4 épocas de plantios (maio, junho, julho e agosto), com quatro repetições.

Com base na análise do solo coletado na área experimental (Tabela 2), foi aplicado $1,5\ t\ ha^{-1}$ de calcário 30 dias antes do plantio.

Foi realizada a adubação de fundação aplicando-se o equivalente a $777\ kg\ ha^{-1}$ na formulação NPK 90-90-60, tendo como fonte de nutrientes, uréia, superfosfato

simples e cloreto de potássio, aplicados no sulco aberto paralelamente ao da semeadura. Foi realizada a adubação de cobertura um mês após o plantio aplicando 60 kg N/ha de ureia na base das plantas. As adubações foram feitas conforme recomendações da análise de solo (Tabela 3).

Os plantios foram realizados em 17 de maio, 15 de junho, 20 de julho e 18 de agosto de 2011. Desbastes foram realizados trinta dias após o plantio, mantendo uma densidade de 12 plantas por metro linear, a fim de manter um estande de 120 plantas na área útil ou de 150 000 plantas por hectare. No dia 8 de junho foi realizado o replantio da cultivar IPA 467-4-2, do bloco quatro, para repor as plântulas arrastadas pela erosão causada pela chuva do dia 20/05 (160 mm).

No decorrer do experimento, foram realizadas capinas manuais para controle das plantas espontâneas, até que o sorgo se estabelecesse. Foi realizado um controle das formigas cortadeiras, com iscas atrativas e formicidas, dias após o plantio.

As colheitas foram realizadas entre 13 de outubro e 15 de dezembro de 2011 (Tabela 5), na fase de maturação fisiológica do grão, e as determinações das amostras seguiram os mesmos critérios/métodos descritos no experimento de fase de colheita.

Na Tabela 5 são apresentados os períodos de cultivo (dias após plantio – DAP) e as datas de colheita e a proporção de planta colhida em relação ao plantio (estande final).

Tabela 5: Data de plantio e colheita das cultivares de sorgo, do experimento época de plantio em Itambé, PE, em 2011.

ÉPOCA DE PLANTIO	CULTIVARES	Data de coleta	Dias após o plantio (DAP)	Estande final (%)
17 de maio	IPA 467	13/out	150	73
	BR 506	22/set e 04/out	128 e 141	73
	SF 15	13/out	150	69
15 de junho	IPA 467	19/out	126	60
	BR 506	19/out	126	35
	SF 15	03/Nov	140	63
20 de julho	IPA 467			45
	BR 506	15/dez	149	25
	SF 15			37
18 de agosto	IPA 467			37
	BR 506	15/dez	120	19
	SF 15			38

4.5 Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para a realização das análises estatísticas, utilizou-se o programa statistix 7.0 (SAS, 2004), considerando para o experimento época de colheita um delineamento fatorial com dois fatores, cultivar e fase de colheita, e para experimento época de plantio um delineamento fatorial com dois fatores, cultivar e época de plantio.

Em ambos experimentos foram feitas análises de variância para as variáveis de produtividades de biomassa verde e seca (total, de panícula, de folha, de colmo), teores de matéria seca (panícula, folha e colmo) de altura de planta, comprimento de colmo, diâmetro de colmo, teor de °Brix, açúcares redutores totais (ART), açúcares redutores (AR), eficiência de extração, produtividade de caldo, produtividade de açúcar.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Época de colheita

No experimento época de colheita observou-se que as cultivares tiveram comportamento diferente entre si, e todas as variáveis avaliadas foram afetadas pela fase de colheita.

Nas produtividades de biomassa verde total e de colmo (Tabela 6) e seca total (Tabela 7), as cultivares de maior rendimento, nas fases de grão leitoso/pastoso e grão duro, foram IPA 467-4-2, SF 11 e SF 15.

Tabela 6: Produtividade de biomassa verde total, e produtividade verde de folha, colmo e panícula dos cultivares de sorgo em Itambé, PE, em 2011.

CULTIVAR	FASE DE COLHEITA			MÉDIA
	FC-1 ¹	FC-2	FC-3	
	Produtividade de biomassa verde total** (t ha ⁻¹)			
IPA 467-4-2	29,03 aA	15,77 abB	19,14 aB	
SF 11	18,82 bA	21,32 Aa	15,79 aA	
BR 506	10,16 cA	9,68 Ba	7,59 bA	
SF 15	23,15 abA	21,46 aA	19,54 aA	
IPA 2502	10,21 cAB	16,06 abA	5,10 bB	
CV: 24,51 %				
	Produtividade de biomassa verde de folha** (t ha ⁻¹)			
IPA 467-4-2	5,94 aA	1,78 Bb	1,56 abB	
SF 11	4,66 bA	2,98 abB	1,78 abB	
BR 506	2,37 cA	2,17 bA	0,68 bB	
SF 15	4,67 abA	3,12 abB	2,64 aB	
IPA 2502	4,00 cA	2,83 aB	0,62 bC	
CV: 24,06 %				
	Produtividade de biomassa verde de colmo** (t ha ⁻¹)			
IPA 467-4-2	21,68 aA	12,23 abB	15,71 aB	
SF 11	13,41 bA	15,98 aA	11,84 aA	
BR 506	7,30 cA	6,7 bA	5,27 bA	
SF 15	17,52 abA	17,03 aA	15,77 aA	
IPA 2502	6,53 cAB	9,9 bA	2,87 bB	
C.V: 25,12 %				
	Produtividade de biomassa verde de panícula ^{NS} (t ha ⁻¹)			
IPA 467-4-2	1,40	1,76	1,87	1,67 ab
SF 11	0,75	2,36	2,17	1,76 a
BR 506	0,49	0,81	1,63	0,97 b
SF 15	0,96	1,31	1,12	1,13 ab
IPA 2502	0,84	2,14	1,60	1,53 ab
MÉDIAS	0,89 B	1,67 A	1,68 A	
C.V: 44,13%				

¹FC-1: Fase de colheita emborrachamento; FC-2: Fase de colheita grão leitoso/pastoso; FC-3: Fase de colheita grão duro. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem, pelo teste de Tukey em nível de **1% de probabilidade (p < 0,01), e ^{NS} Não significativo.

Porém produtividades superiores de biomassa verde total na fase de grão leitoso, sob regime de sequeiro, foram observados em estudos em Canguaretama, RN (LIMA et al., 2010), Ipanguaçu, RN (LIMA et al., 2010a) e Apodi, RN (LIMA et al., 2010b), para as cultivares IPA 467-4-2 (30 a 52 t ha⁻¹), SF 15 (29 e 60 t ha⁻¹), BR 506 (16 a 58 t ha⁻¹) e IPA 2502 (21 e 46 t ha⁻¹).

Vale ressaltar que as diferenças de produtividade observadas nos dois ambientes devem-se, possivelmente, a fatores edafoclimáticos como: características dos solos, temperaturas diurnas e noturnas, quantidade de luz solar diária, distribuição das precipitações, entre outras.

Observou-se uma redução no rendimento de biomassa verde total para IPA 467-4-2, a partir da fase de grão leitoso/pastoso, e um aumento na produtividade de

biomassa seca para SF 11 a partir da mesma fase. No estudo realizado na região Norte de Minas Gerais, com irrigação (RODRIGUES et al., 2010), ao avaliarem a influência de diferentes épocas de corte, realizados a cada dez dias, desde a fase do florescimento até a fase de grão farináceo, com as cultivares Volumax e Silotec, observaram que a produtividade de biomassa verde diminui com o aumento do estágio de maturação e o inverso ocorreu para produtividade de matéria seca, houve um aumento.

Com relação ao comportamento da cultivar SF 15, para produtividade de biomassa verde e seca total, observou-se que seu comportamento não foi influenciado pela época de colheita. Levando a inferir que as cultivares tem comportamento diferente independente da fase de colheita.

Tabela 7: Produtividade de biomassa total seca, e produtividade seca de folha, colmo e panícula dos cultivares de sorgo em Itambé, PE, em 2011.

CULTIVAR	FASE DE COLHEITA			MÉDIA
	FC-1 ¹	FC-2	FC-3	
	Produtividade de biomassa seca total* (t ha ⁻¹)			
IPA 467-4-2	7,08 aA	6,13 abA	8,73 aA	
SF 11	4,61 abB	9,43aA	8,78aA	
BR 506	2,03 bA	2.22 cA	3.50bA	
SF 15	6,63 aA	9.21 aA	9.38 aA	
IPA 2502	2,40 bA	4,40 bcA	3.04 bA	
CV: 28,19%				
	Produtividade de biomassa seca de folha* (t ha ⁻¹)			
IPA 467-4-2	1,74 aA	1,30 bA	1,37 bA	
SF 11	1,40 aB	1,94 aA	1,60 abAB	
BR 506	0,63 bA	0,61 cA	0,57 cA	
SF 15	1,89 aA	2,39 aA	2,03 aA	
IPA 2502	0,76 bAB	1,20 bcA	0,50 cB	
CV: 23,24%				
	Produtividade de biomassa seca de colmo* (t ha ⁻¹)			
IPA 467-4-2	4,81 aAB	3,60 bcB	5,87 aA	
SF 11	2,89 abB	6,16 aA	5,49 aA	
BR 506	1,23 bA	1,27 cA	1,70 bA	
SF 15	4,35 aB	5,96 abAB	6,55 aA	
IPA 2502	1,33 bA	2,41 cA	1,21 bA	
C.V: 32,25%				
	Produtividade de biomassa seca de panícula ^{NS} (t ha ⁻¹)			
IPA 467-4-2	0,51	1,22	1,49	1,07 a
SF 11	0,33	1,33	1,68	1,11 a
BR 506	0,17	0,34	1,22	0,58 b
SF 15	0,39	0,86	0,79	0,68 ab
IPA 2502	0,3	0,79	1,34	0,81 ab
MÉDIAS	0,34 C	0,91 B	1,30 A	
C.V: 47,75%				

¹FC-1: Fase de colheita emborrachamento; FC-2: Fase de colheita grão leitoso/pastoso; FC-3: Fase de colheita grão duro. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem, pelo teste de Tukey em nível de *5% de probabilidade (p < 0,05), e ^{NS} Não significativo.

Tabela 8: Teores de matéria seca nas folhas, colmo e panícula, e proporção das biomassas de folha, colmo e panícula em relação à biomassa aérea total dos cultivares de sorgo em Itambé, PE, em 2011.

CULTIVAR	ÉPOCA DE COLHEITA		
	FC-1 ¹	FC-2	FC-3
Teor de matéria seca de folha** (%)			
IPA 467-4-2	29,28 abC	73,81 aB	86,60 abA
SF 11	30,18 abC	67,95 aB	90,05 aA
BR 506	26,44 bB	27,93 bB	84,03 abA
SF 15	40,46 aB	76,78 aA	76,91 bA
IPA 2502	26,31 bB	30,34 bB	81,40 abA
C.V: 11,19 %			
Teor de matéria seca de colmo** (%)			
IPA 467-4-2	21,84 abC	29,60 bcB	37,68 bcA
SF 11	21,54 abC	37,71 aB	46,60 aA
BR 506	16,81 bB	18,11 dB	32,32 cA
SF 15	24,77 aC	34,80 abB	41,07 abA
IPA 2502	19,80 abB	24,59 cdB	42,21 abA
C.V: 12,15 %			
Teor de matéria seca de panícula** (%)			
IPA 467-4-2	37,39 aC	67,79 aB	81,54 abA
SF 11	47,00 aB	58,11 aB	77,44 abA
BR 506	34,41 aB	40,10 bB	76,02 abA
SF 15	40,82 aB	64,95 aA	69,25 bA
IPA 2502	36,29 aB	37,03 bB	83,15 aA
C.V: 11,74 %			
Proporção de matéria seca de folha em relação ao total (%)			
IPA 467-4-2	25,28	21,91	15,72
SF 11	30,32	21,34	18,12
BR 506	31,14	29,53	16,56
SF 15	28,79	26,3	22,71
IPA 2502	32,91	28,54	16,47
Proporção de matéria seca de colmo em relação ao total (%)			
IPA 467-4-2	67,09	59,41	67,32
SF 11	62,44	63,66	63,15
BR 506	60,15	55,25	49,22
SF 15	65,45	64,36	69,42
IPA 2502	55,65	53,74	39,9
Proporção de matéria seca de panícula em relação ao total (%)			
IPA 467-4-2	7,45	18,62	16,97
SF 11	7,24	15,01	18,7
BR 506	8,73	15,2	34,11
SF 15	5,7	9,35	7,82
IPA 2502	11,26	17,73	43,65

¹FC-1: Fase de colheita emborrachamento; FC-2: Fase de colheita grão leitoso/pastoso; FC-3: Fase de colheita grão duro. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem, pelo teste de Tukey em nível de *1% de probabilidade (p < 0,01).

Com relação aos dias para florescimento em 50 % das plantas, observou-se que IPA 467-4-2, SF 11 e SF 15 apresentaram comportamento tardio.

As plantas apresentaram portes mais altos a partir da fase de grão leitoso/pastoso (Tabela 9). No presente trabalho essa observação corrobora com o estudo realizado na região Norte de Minas Gerais, com irrigação (RODRIGUES, 2010), em que avaliaram a influência de diferentes épocas de corte, realizados a cada dez dias, desde a fase do florescimento até a do grão farináceo, nas cultivares Volumax e Silotec, e a altura de planta cresceu com o atraso na época de corte, devido ao maior tempo para desenvolvimento da panícula.

As maiores médias de diâmetro do colmo foram das cultivares de porte alto, IPA 467-4-2, SF 11 e SF 15, que não sofreram influência da época de corte.

Tabela 9: Dias para o florescimento, altura de planta, comprimento e diâmetro de colmo, das cultivares de sorgo em Itambé, PE, em 2011.

CULTIVAR	ÉPOCA DE COLHEITA			MÉDIA
	FC-1	FC-2	FC-3	
	Dias para o florescimento			
IPA 467-4-2	98 a 105	105	98 a 105	
SF 11	98 a 105	105	98 a 105	
BR 506	85	85 e 89	89	
SF 15	114	114	114	
IPA 2502	85	85 e 89	89	
	Altura de planta** (cm)			
IPA 467-4-2	182 abB	229 bA	264 aA	
SF 11	159 bB	281 aA	268 aA	
BR 506	106 cB	132 cB	174 bA	
SF 15	224 aB	250 abAB	268 aA	
IPA 2502	093 cB	149 cA	142 bA	
CV: 11,08 %				
	Comprimento de colmo* (cm)			
IPA 467-4-2	168 abB	177 bAB	193 aA	
SF 11	147 bB	227 aA	197 aA	
BR 506	086 cA	89 cA	105 bA	
SF 15	198 aA	202 abA	207 aA	
IPA 2502	73 cB	101 cA	86 bAB	
CV: 12,18%				
	Diâmetro de colmo ^{NS} (mm)			
IPA 467-4-2	15,06	13,94	15,27	14,75 a
SF 11	14,62	14,08	14,68	14,46 a
BR 506	11,95	11,16	12,65	11,92 b
SF 15	15,47	15,00	15,59	15,35 a
IPA 2502	10,21	10,10	9,12	9,81 c
MÉDIAS	13,47 A	12,86 A	13,46 A	
CV: 8,87%				

¹FC-1: Fase de colheita emborrachamento; FC-2: Fase de colheita grão leitoso/pastoso; FC-3: Fase de colheita grão duro. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem, pelo teste de Tukey em nível de **1 e*5% de probabilidade (p < 0,05), e ^{NS} Não significativo.

As médias de °Brix do caldo aumentaram a partir da fase de emborrachamento, (Tabela 10). Para as demais fases (grão leitoso e grão duro) não houve diferença significativa, exceto para a IPA 2502, decresceu quando colhido na FC3. A determinação do °Brix é uma ferramenta importante para o setor sucroalcooleiro, pois permite a estimativa dos teores de açúcares presente no caldo e indica o potencial de produção de etanol (GUIGOU et al., 2011). As cultivares IPA 467-4-2 (12,70) e SF 15 (12,91) apresentaram as maiores médias de °Brix, vale ressaltar que são valores muito baixo. Teores superiores de °Brix foram relatados para outras cultivares de sorgo sacarino em diferentes regiões. Almodares e Hadi (2009) e Gnausounou et al. (2005) observaram valores médios de aproximadamente 18°Brix.

Os teores de ART tiveram comportamento semelhante ao observado para o °Brix, com aumento a partir da fase de emborrachamento mas sem diferença entre as demais fases de colheita. Concentrações de ART superiores ao do estudo em questão foram observados por Teixeira et al. (1999), Zhao et al. (2009) e Borges et al., (2010) e evidenciam que os teores aumentam desde a época de emergência da inflorescência e atingem os maiores valores próximo ao estágio de maturidade fisiológica, comportamento observado nas cultivares IPA 467-4-2, SF 11 e SF 15 (Tabela 10).

Os teores de açúcares redutores (AR) do caldo das diferentes cultivares foram equivalentes aos teores de açúcares redutores totais, o que aponta para a composição do caldo ser predominantemente composto por açúcares simples como glicose e frutose. Apenas a cultivar BR 506 apresentou valores reduzidos de AR, o que indica a predominância de sacarose no caldo. Estudos conduzidos por Wu et al. (2010) indicaram que a composição de açúcares presentes no caldo da cultivar (M81E) de sorgo sacarino foi predominantemente composta de sacarose, glicose e frutose. No entanto, Davila-Gomes et al. (2012) observaram que para cultivares de sorgo sacarino e forrageiro, os teores de glicose e frutose foram superiores aos teores de sacarose.

Além dos teores de açúcares dos caldos, a determinação da eficiência de extração é fundamental para viabilizar a produção de etanol a partir do caldo. A maior eficiência de extração de caldo para as cultivares IPA 467-4-2, SF 11 e SF 15 ocorreu na fase de emborrachamento, influenciados pelo menor teor de matéria seca de colmo, porém foi a fase de menor °Brix (Tabela 10). E embora na fase de grão leitoso/pastoso a IPA 467-4-2 tenha apresentado a maior eficiência de extração, em relação às SF 11 e SF 15, suas produtividades de caldo não diferiram nessa fase. Guigou et al.(2011)

observaram valores superiores de extração de caldo para cultivares de sorgo sacarino (M81, Topper e Theis) de aproximadamente 44,6 %. Cabe destacar que os valores de eficiência de extração do caldo são influenciados pelo sistema utilizado para moagem do colmo. Geralmente, sistemas experimentais de caldo de cana apresentam baixa eficiência de extração de caldo, enquanto que sistemas industriais de moagem atingem elevadas eficiências.

As produtividades de caldo das cultivares colhidas na fase de grão leitoso/pastoso foram semelhantes (Tabela 10), provavelmente porque nas cultivares de colmo suculento embora tenham apresentado menor produtividade de colmo tiveram a maior eficiência de extração, e o inverso ocorreu para as cultivares forrageira (menor eficiência de extração porém maior produtividade de colmo). Ratnavathi et al. (2010) observaram produções elevadas de caldo de variedades e híbridos de sorgo sacarino colhidos na fase de maturação dos grãos, com valores médios de 24.992 L de caldo ha⁻¹. Os valores elevados observados pelos autores do estudo estão influenciados pela elevada disponibilidade de água durante o experimento.

A produção de açúcares por unidade de área não apresentou diferença significativa entre as fases de colheita para todas as cultivares avaliadas (Tabela 10). A cultivar IPA 467-4-2 apresentou a maior produção média entre de açúcares (638 Kg.ha⁻¹). Resultados superiores foram observados por Davila-Gomez et al. (2011) ao avaliarem o cultivo de sorgo sacarino e forrageiro para a produção de etanol no México, com aproximadamente 1.768 Kg.ha⁻¹.

Tabela 10: Teor de °Brix, açúcares redutores totais (ART), açúcar redutor AR), eficiência de extração, produtividade de caldo de colmos e produtividade de açúcar das cultivares de sorgo, em Itambé, PE, em 2011.

CULTIVAR	ÉPOCA DE COLHEITA			MÉDIAS
	FC-1 ¹	FC-2	FC-3	
	°Brix ^{NS}			
IPA 467-4-2	8,15	14,90	15,05	12,70 a
SF 11	7,50	13,70	15,75	12,32 ab
BR 506	7,58	10,35	13,05	10,33 b
SF 15	9,30	14,35	15,08	12,91 a
IPA 2502	5,73	9,30	8,75	7,93 c
MÉDIAS	7,65 B	12,52 A	13,54 A	
C.V: 17,70 %				
	ART* (g.100ml ⁻¹)			
IPA 467-4-2	7,65 aB	17,35 aA	16,6 aA	
SF 11	6,55 aB	15,3 abA	18,18 aA	
BR 506	7,3 aB	9,53 bcAB	13,15 aA	
SF 15	8,93 aB	17,33 aA	16,25 aA	
IPA 2502	4,48 aA	6,55 cA	6,93 bA	
C.V: 25,37 %				
	AR** (g.100ml ⁻¹)			
IPA 467-4-2	4,98 abB	13,36 aA	16,51 aA	
SF 11	5,86 abB	13,37 aA	16,64 aA	
BR 506	2,23 bA	2,53 bA	4,96 bA	
SF 15	8,73 aB	16,61 aA	17,68 aA	
IPA 2502	2,6 bA	3,07 bA	5,43 bA	
C.V: 28,89 %				
	Produtividade de caldo** (1000 L.ha ⁻¹)			
IPA 467-4-2	8,4 aA	3,9 aB	3,5 aB	
SF 11	4,1 bcA	2,4 aAB	1,7 abB	
BR 506	1,9 cA	2,5 aA	1,9 abA	
SF 15	4,6 bA	2,7 aA	3,5 aA	
IPA 2502	2,1 cAB	3,7 aA	0,62 bB	
CV: 35,75 %				
	Eficiência de extração** (%)			
IPA 467-4-2	38,74 aA	31,28 aAB	22,11 bB	
SF 11	31,53 aA	14,63 bB	14,44 bB	
BR 506	26,62 aB	35,81 aAB	37,54 aA	
SF 15	26,57 aA	16,3 bB	22,08 bAB	
IPA 2502	30,71 aAB	38 aA	21,34 bB	
CV: 20,45 %				
	Produtividade de açúcar ^{NS} (Kg.ha ⁻¹)			MÉDIA
IPA 467-4-2	654,88	674,49	585,04	638,13 a
SF 11	266,73	372,87	326,63	322,08 bc
BR 506	131,62	260,18	251,88	214,56 cd
SF 15	409,41	476,44	594,18	493,34 ab
IPA 2502	88,27	224,68	45,78	119,58 d
MÉDIA	310,18 A	401,73 A	360,70 A	
CV: 47,21 %				

¹FC-1: Fase de colheita emborrachamento; FC-2: Fase de colheita grão leitoso/pastoso; FC-3: Fase de colheita grão duro. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem, pelo teste de Tukey em nível de *1% e 5% de probabilidade (p < 0,05), e ^{NS} Não significativo.

5.2 Época de plantio

Todas as cultivares sofreram influência da data de semeadura, e as plantas semeadas em maio tiveram os melhores rendimentos (Tabela 11), em todas as variáveis, destacando-se as cultivares IPA 467-42 e SF 15. A diminuição da produtividade foi mais evidente nas plantas semeadas em julho e agosto, esse reflexo pode ser atribuído a má distribuição das chuvas e indisponibilidade de água principalmente nos três primeiros meses de desenvolvimento da planta (Anexo 1).

Os dias para colheita de todas as cultivares foi influenciado pela época de plantio (Tabela 5), as plantas semeadas em junho foram colhidas com menor tempo que as semeadas em maio. A colheita das plantas semeadas em julho e agosto foi realizada na mesma data porque às plantas estavam com sinais de senescência, apesar de não terem atingido a fase reprodutiva. Em estudo realizado no Arizona (TEETOR, 2011), avaliando o efeito da época de plantio sobre os rendimentos de produtividade das variedades Dale, M81E, Theis e Topper, colhidas na fase de maturação fisiológica, o ciclo das variedades decresceu por influência da diminuição da temperatura.

Foram observadas interações significativas entre as produtividades de biomassa total, de colmo, folha e panícula e as respectivas épocas de plantio (Tabela 11). Nestas variáveis, as produtividades obtidas a partir do plantio realizado em maio, diferiram significativamente das produtividades obtidas quando o plantio foi realizado nas demais épocas (meses). O plantio mais cedo, resultou nas maiores produtividades de matéria verde total, com destaque para IPA 467-4-2 e SF15, e nas produtividades de matéria verde de colmo, com destaque para a IPA 467-4-2, com superioridade de 28,25% e 49,23% em relação a SF 15 e BR 506, respectivamente.

Tabela 11: Produtividade de biomassa total verde, e produtividade verde de folha, colmo e panícula dos cultivares de sorgo em Itambé, PE, em 2011.

CULTIVAR	ÉPOCA DE PLANTIO			
	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO
	Produtividade total de biomassa verde (t ha ⁻¹)			
IPA 467-4-2	14,53 aA	8,67 aB	1,07 aC	0,43 aC
BR 506	10,53 bA	4,03 bB	0,65 aB	0,66 aB
SF 15	16,49 aA	6,76 abB	1,38 aC	0,86 aC
CV: 33,16%				
	Produtividade de biomassa verde de folha (t ha ⁻¹)			
IPA 467-4-2	1,32 bA	1,30 aA	0,33 aA	0,26 aA
BR 506	1,53 bA	0,61 aA	0,33 aA	0,58 aA
SF 15	6,65 aA	1,65 aB	0,36 aB	0,60 aB
CV: 46,9%				
	Produtividade de biomassa verde de colmo (t ha ⁻¹)			
IPA 467-4-2	11,68 aA	6,4 aB	0,70 aC	0,0 aC
BR 506	5,93 cA	2,73 bB	0,30 aBC	0,08 aC
SF 15	8,38 bA	5,03 aB	1,15 aC	0,23 aC
CV: 32,91%				
	Produtividade de biomassa verde de panícula (t ha ⁻¹)			
IPA 467-4-2	1,55 bA	0,96 aA	0,48 aB	0,00 aB
BR 506	3,72aA	0,68 aB	0,02 aB	0,00 aB
SF 15	1,46 bA	0,08 bB	0,00 aB	0,00 aB
CV: 55,63%				

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

As produtividades de biomassa seca total das cultivares semeadas em junho, tiveram menores produtividades que as semeadas em maio. A SF 15 parece ter maior sensibilidade ao déficit hídrico, uma vez que a produtividade de biomassa seca do plantio em junho foi 71% menor que a do plantio em maio, enquanto a da IPA 467-4-2 foi 51% menor.

Em estudo realizado no sul da Itália, a cultivar Keller foi submetida a estresses hídricos em duas fases (na que predomina o desenvolvimento das folhas, e no de desenvolvimento do colmo) e a produtividade total de biomassa foi 34% menor com o estresse aplicado na fase vegetativa inicial (folhas), e 10% quando aplicado na fase do desenvolvimento do colmo, em relação ao tratamento que não recebeu estresse hídrico (MASTRORILLI, 1999).

A produtividade de folhas da SF 15 foi 4,8 vezes maior que a da IPA 467-4-2 e 5,5 vezes maior que a BR 506, nas plantas semeadas em maio (Tabela 12).

As produtividades de colmo das cultivares semeadas em maio foram o dobro de quando semeadas em junho e pelo menos seis vezes maiores que as de julho e agosto (Tabela 12). É possível que a redução da produtividade de colmo das plantas semeadas

em junho esteja relacionada com a falta de água nas fases em que predominou o desenvolvimento das folhas e do colmo, como constatado no sul da Itália (MASTRORILLI, 1999), onde a cultivar Keller, submetida a estresse hídrico na fase vegetativa inicial (folhas) teve a produtividade do colmo reduzida em 34 %, comparado ao tratamento que não recebeu estresse (31,7 contra 20,8 t ha⁻¹), e na fase do desenvolvimento do colmo teve redução de 10%, (31,7 contra 28,32 t ha⁻¹).

Para obtenção da máxima produção de sorgo forrageiro, semeado em outubro e novembro (PIMENTELL, 1977), as precipitações mínimas durante o período do cultivo devem ser de 240 mm, bem distribuídos entre os três primeiro meses após a semeadura; precipitações inferiores podem levar, em média, a perdas de produção de até 20%.

Em estudo avaliando dias para floração, produtividade de biomassa verde e seca, teor de °Brix e peso de caldo em diferentes localidades e sob diferentes condições (sequeiro e estresse hídrico) com as cultivares IPA 467-4-2 e SF 15 (TABOSA et al., 2010), observaram que a localidade e a disponibilidade de água exerceram influência sobre as características agronômicas. A SF 15 cultivada em Araripina, PE e em Canguatama, RN (sequeiro) produziu 9,6 t ha⁻¹ de matéria seca, valor muito próximo do apresentado no atual trabalho. Já a IPA 467-4-2 no atual trabalho apresentou produtividade inferior à observada por Tabosa et al. (2010) (9,8 t ha⁻¹), em ambos os municípios.

Tabela 12: Produtividade de biomassa total seca, e produtividade seca de folha, colmo e panícula dos cultivares de sorgo em Itambé, PE, em 2011.

CULTIVAR	ÉPOCA DE PLANTIO			
	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO
	Produtividade de biomassa seca** (t ha ⁻¹)			
IPA 467-4-2	6,93 bA	3,40 aB	0,68 aC	0,26 aC
BR 506	4,84 cA	1,80 bB	0,36 aB	0,32 aB
SF 15	9,97 aA	2,91abB	0,86 aC	0,54 aC
CV: 32,79%				
	Produtividade de biomassa seca de folha** (t ha ⁻¹)			
IPA 467-4-2	1,12 bA	1,00 aAB	0,27 aB	0,26 aB
BR 506	0,97 bA	0,54 aA	0,20aA	0,28 aA
SF 15	5,38aA	1,19aB	0,32 aC	0,41 aBC
CV: 41,28%				
	Produtividade de biomassa seca de colmo** (t ha ⁻¹)			
IPA 467-4-2	4,61 aA	1,90 aB	0,36aC	0,0 aC
BR 506	1,75 cA	0,89 bB	0,14 aBC	0,04 aC
SF 15	3,45bA	1,67 aB	0,54 aC	0,13 aC
CV: 31,54%				
	Produtividade de biomassa seca de panícula** (t ha ⁻¹)			
IPA 467-4-2	1,20 bA	0,50 aB	0,04 aC	0,00 aC
BR 506	2,13aA	0,37 abB	0,02 aB	0,00 aB
SF 15	1,10 bA	0,05bB	0,00 aB	0,00 aB
CV: 52,86%				

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem, pelo teste de Tukey em nível de **1% de probabilidade ($p < 0,01$).

Os teores de matéria seca de folha das cultivares IPA 467-4-2 e SF 15 não foram reduzidos com o atraso do plantio, mas o teor da BR 506, em julho, foi reduzido (Tabela 13).

Os teores de matéria seca do colmo não foram alterados com a data da semeadura (Tabela 13).

Teixeira et al. (1997) ao avaliar o desempenho do sorgo BR 505, em Jundiá e Nova Odessa, São Paulo, colhidos em três datas, com intervalo de sete dias entre elas, no ponto de maturação fisiológica do grão, sob regime de sequeiro, observaram teores de umidade no colmo compreendidos entre 71 e 79 %, maiores que as do atual estudo que variaram entre 25 a 38 %.

Nas plantas semeadas em maio, que tiveram os maiores rendimentos, a SF 15 apresentou maior proporção de folha, a BR 506 maior de panícula e a IPA 467-4-2 maior de colmo, em relação às biomassas aéreas totais (Tabela, 13). Em estudo realizado em Botucatu, SP (MATEUS, 2005) com o sorgo-de-guiné, semeado em seis épocas distintas e colhido no estágio de grão pastoso, a maior proporção de panículas (20%) foi na semeadura de fevereiro, quando a chuva foi de 275 mm no ciclo.

Tabela 13: Teores de matéria seca nas folhas, colmo e panícula, e proporção das biomassas de folha, colmo e panícula em relação à biomassa aérea total dos cultivares de sorgo em Itambé, PE, em 2011.

CULTIVAR	ÉPOCA DE PLANTIO				MÉDIA
	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	
	Teor de matéria seca da folha* (%)				
IPA 467-4-2	82,26 aA	74,85 aA	82,18 aA	62,84 aA	
BR 506	69,17 aAB	87,42 aA	55,90 bB	54,6 aB	
SF 15	81,46 aA	71,22 aA	87,92 aA	72,29 aA	
CV: 18,91%					
	Teor de matéria seca dos colmos ^{NS} (%)				
IPA 467-4-2	39,53	29,64	51,14	-	30,08 ab
BR 506	29,75	32,98	46,33	50	24,60 b
SF 15	41,68	32,96	51,57	50,8	37,90 a
MÉDIAS	36,99 A	31,86 A	49,68 A	12,63 B(33,66)	
CV: 46,78%					
	Teor de matéria seca das panículas ^{NS} (%)				
IPA 467-4-2	76,71	51,16	92,11	-	37,72 a
BR 506	69,63	56,53	89,29	-	37,12 a
SF 15	76,40	68	-	-	23,35 a
MÉDIAS	74,25 A	41,56 B (58,56)	15,11 C (60,47)	0,00 C	
CV: 63,96%					
	Proporção da biomassa das folhas em relação ao total (%)				
IPA 467-4-2	16,19	30,2	42,41	100	
BR 506	19,71	30,20	71,41	87,63	
SF 15	54	41,55	41,18	78,87	
	Proporção da biomassa dos colmos em relação ao total (%)				
IPA 467-4-2	66,36	56,29	52,56	0,0	
BR 506	36,18	49,6	25,41	12,37	
SF 15	35,3	59,96	58,82	21,13	
	Proporção de biomassa das panículas em relação ao total (%)				
IPA 467-4-2	17,44	13,51	5,03	0,0	
BR 506	44,10	20,2	3,19	0,0	
SF 15	10,71	1,5	0,0	0,0	

(-) dados não analisados devido a má formação das plantas. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem, pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$). ^{NS} Não significativo.

Para, atingir o florescimento de 50% das plantas, com a semeadura em maio, levou 101 dias a IPA 467-4-2 e SF 15, e a BR 506, 85 dias. Quando semeadas em junho, apenas a BR 506 atingiu floração de mais de 50% das plantas, ressaltando que o eestandee final foi de 35%. Na semeadura dos demais meses (julho e agosto) as plantas não chegaram à fase reprodutiva. Machado et al. (1987) e Allen e Musick (1993) verificaram que, com o atraso da semeadura do sorgo, os estádios fenológicos foram antecipados, devido aos efeitos de fotoperíodos indutivos e de temperaturas elevadas.

As maiores alturas de planta e comprimentos de colmo foram observados com a semeadura em maio (Tabela 14). A semeadura em junho com as semeadas em maio,

observou-se uma redução de 30% para a IPA 467-4-2 e 51% para SF 15, inferindo assim que a SF 15 apresentou maior sensibilidade ao estresse hídrico. Todos os cultivares semeados em julho e agosto, tiveram o desenvolvimento prejudicado pela escassez de água, induzindo-os a permanecer no estágio de desenvolvimento vegetativo, por isso os valores de comprimento do colmo nesses meses foi igual ao de altura da planta.

Em estudo desenvolvido em Araripina, (TABOSA et al., 2010), a altura do cultivar IPA 467-4-2 foi de 320 cm e do SF 15 de 220 cm, valor superior ao do presente estudo para a IPA 467-4-2, porém muito próximo do da SF 15 ambas semeadas em maio. Não houve influência da data de plantio, de maio a julho, nos diâmetros de colmo. Com o plantio em agosto os diâmetros da IPA 467-4-2 e da BR 506 foram menores que com o plantio nos meses anteriores, mas o da SF 15 foi pouco alterado, de forma que no plantio deste mês sua altura foi maior que a das outras cultivares.

Tabela 14: Altura de planta, comprimento e diâmetro de colmo, dos cultivares de sorgo em Itambé, PE, em 2011.

CULTIVAR	ÉPOCA DE PLANTIO				MÉDIA
	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	
	Altura de planta** (cm)				
IPA 467-4-2	241 aA	167 aB	64 aC	28 aC	
BR 506	152 bA	136 abA	61 aB	26 aB	
SF 15	235 aA	114 bB	57 aC	30 aC	
CV: 21,03%					
	Comprimento de colmo* (cm)				
IPA 467-4-2	176 aA	122 aB	64 aC	28 aC	
BR 506	121 bA	93 aAB	61 aBC	26 aC	
SF 15	184 aA	113 aB	57 aC	30 aC	
CV: 22,79%					
	Diâmetro de colmo ^{NS} (mm)				
IPA 467-4-2	14,27	12,69	10,70	4,76	10,61 b
BR 506	10,63	10,47	8,49	4,77	8,49 c
SF 15	13,99	13,64	13,11	11,12	12,97 a
MÉDIAS	12,96 A	12,13 A	10,77 A	6,88 B	
CV: 18,80%					

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem, pelo teste de Tukey em nível de **1% e *5% de probabilidade (p < 0,05). ^{NS} Não significativo.

Com as semeaduras em maio e junho, os teores de °Brix e ART de todas as cultivares foram semelhantes (Tabela 15). As médias dos teores de °Brix observados no presente estudo, para a IPA 467-4-2 e SF 15 são inferiores ao apresentado no estudo desenvolvido em Apodi (17 e 16 °Brix, respectivamente), porém semelhantes ao

apresentado em Canguaretama, RN para a IPA 467-4-2 (10 °Brix), e superior ao da SF 15 (10 °Brix), (TABOSA et al., 2010).

Em estudo realizado na Índia, com doze genótipos de sorgo sacarino (RATNAVATHI et al., 2012), semeados em quatro meses distintos e colhidos próximo a maturação fisiológica, obtiveram percentuais médios de °Brix variando entre 14 e 19%, e valores médios de ART entre 13,5 e 17,7 g. 100ml⁻¹ (próximos ao deste trabalho) e valores médios de AR entre 1,13 a 1,95 g. 100ml⁻¹ (bem inferiores ao deste trabalho), com valores médios de eficiência de extração entre 22 e 33,5%.

As melhores eficiências de extração, observadas na semeadura em maio, variaram entre 24 a 30% (Tabela 15), e a eficiência de extração da IPA 467-4-2 de maio não diferiu significativamente da semeadura em junho. A eficiência de extração de caldo dos colmos é um dos desafios para produção de biocombustíveis, cabe destacar que os sistemas de extração de caldos experimentais possuem baixa eficiência.

As maiores produtividades de caldo e açúcar ocorreram nas plantas semeadas em maio, com destaque da IPA 467-4-2 (Tabela 15). A SF 15, embora tenha apresentado rendimentos elevados nas demais variáveis e eficiência de extração semelhante ao da IPA 467-4-2, na semeadura de maio, foi a de menor produtividade de caldo, porque seu colmo é menos suculento, e conseqüentemente foi o de menor produtividade de açúcar.

Valores muito superiores de produtividades de caldo (20,7 mil L. ha⁻¹ a 34 mil L. ha⁻¹) e de açúcar (4 a 7,35 t. ha⁻¹) foram relatados em estudo na Índia (RATNAVATHI et al., 2010), com cinco genótipos de sorgo sacarino, colhidos na mesma fase, e valores médios de eficiência de extração compreendidos entre 39 e 47%.

Tabela 15: Teor de °Brix, açúcares redutores totais (ART), açúcar redutor (AR), eficiência de extração, produtividade de caldo de colmos e produtividade de açúcar das cultivares de sorgo, em Itambé, PE, em 2011.

CULTIVAR	ÉPOCA DE PLANTIO		MÉDIA
	MAIO	JUNHO	
	Teor de °Brix ^{NS}		
IPA 467-4-2	9,55	10,45	10 a
BR 506	14,65	12,35	13,5 a
SF 15	11,8	15,9	13,85 a
MÉDIAS	12 A	12,9 A	
CV: 32,70%			
	ART ^{NS} (g 100 ml ⁻¹)		
IPA 467-4-2	10,73	12,37	11,22 a
BR 506	15,8	13,63	14,72 a
SF 15	12	18,7	15,35 a
MÉDIAS	12,62 A	14,9 A	
CV: 34,80%			
	AR* (g 100 ml ⁻¹)		
IPA 467-4-2	5,94 aA	7,13 bA	
BR 506	10,23 aA	5,15 bA	
SF 15	10,7 aB	17,35 aA	
CV: 42,70 %			
	Eficiência de extração** (%)		
IPA 467-4-2	25,87abA	28,01 aA	
BR 506	30,25 aA	15,43 bB	
SF 15	24,13 bA	19,68 bB	
CV:11,17%			
	Produtividade de caldo ^{NS} (1.000 L ha ⁻¹)		
IPA 467-4-2	3,01	1,77	2,39 a
BR 506	1,81	0,43	1,12 b
SF 15	0,83	0,32	0,58 b
MÉDIA	1,89 A	0,84 B	
CV: 32,18%			
	Produtividade de açúcar ^{NS} (Kg. ha ⁻¹)		
IPA 467-4-2	294,07	190,41	242,24 a
BR 506	293,66	57,26	175,46 ab
SF 15	100,29	59,91	80,1 b
MÉDIA	299,34 A	102,53 B	
CV: 68,30%			

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem pelo teste de Tukey em nível de **1% e

*5% de probabilidade (p < 0,05). ^{NS} Não significativo.

6. CONCLUSÕES

- 1) Em condição de sequeiro, os rendimentos das cultivares foram influenciados pela época de plantio, sendo maio a melhor época.
- 2) No experimento época de plantio a cultivar IPA 467-4-2 destacou-se das demais.
- 3) No experimento época de colheita os rendimentos das cultivares foram influenciados pela fase de colheita, e a partir da fase de grão leitoso/pastoso as cultivares já podem ser colhidas.
- 4) As cultivares apresentaram comportamento diferente entre si nos dois experimentos, por isso faz-se necessário mais estudos para conhecer melhor o desempenho das cultivares.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Estudos recentes tem apresentado o potencial dessa cultura na geração de energia renovável para produção de etanol, e as metas de produtividade e qualidade estabelecidas pela EMBRAPA são: produtividade mínima de biomassa de 60 t ha⁻¹; extração mínima de açúcar total de 120 kg t⁻¹ biomassa, considerando a eficiência de extração de 90-95%; conteúdo mínimo de açúcar de 14%; produção mínima de etanol de 60 l t⁻¹ biomassa.

Com base nos resultados obtidos, e é sábio que um ano apenas para avaliar o potencial de uma cultura não é representativo, devido a vários fatores (endógenos e exógenos), ainda mais se tratando de cultivares que apresentam comportamento distinto entre si, mediante as mesmas condições de manejo em diferentes localidades. Sugere-se que mais estudos sejam realizados na região da zona da mata norte de Pernambuco, para assim poder ter um parecer sobre o real potencial destas cultivares.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROSOFT Brasil. Disponível em: www.agrosoft.org.br/agropag/213988.htm, Acessado em 24/10/2010.

ALCÂNTARA, H. P.; CARVALHO, E. R.; REZENDE, P.M.; SANTOS, J. P.; ANDRADE, M. J. B. Rendimento e composição química da forragem de sorgo em diferentes épocas de semeadura. **Ciênc. Agrotec., Lavras**, v. 35, n.4, p. 728-734, jul./ago., 2011.

ALMEIDA, E.X.; TCACENCO, F.A.; STUCKER, H.; GROSS, C.D. Avaliação de cultivares de sorgo, milho, milheto e teosinto para o Vale do Itajaí. **Agropecuária Catarinense**, v.6, n.3, p. 25-32, 1993.

ALMODARES, A.; e HADI, M.R. Production of bioethanol from sweet sorghum: A review, **African Journal of Agricultural Research**, v.4, n.9, p.772-780, 2009.

BORGES, I.D.; MENDES, A.A.; VIANA, E.J.; GUSMÃO, C.A.G.; RODRIGUES, H.F.F.; CARLOS, L.A. Caracterização do caldo extraído dos colmos da cultivar de sorgo sacarino BRS 506. In: **XXVIII Congresso Nacional de Milho e Sorgo**, Goiana, 2010, Anais.....

CHENG, J.J.; e TIMILSINA, G.R. Status and barriers of advanced biofuel technologies: A review. **Renewable Energy**, v.36, n.12, p.3541-3549, 2011.

CPRM, Serviço Geológico do Brasil. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Itambé, estado de Pernambuco. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

DAVILA-GOMES, F.J.; CHUCK-HERNANDEZ, C.; PEREZ-CARRILLO, E.; ROONEY, W.L.; SERNA-SALDIVAR, S.O. Evaluation of bioethanol production from five different varieties of sweet and forage sorghums (*Sorghum bicolor* (L) Moench), **Industrail Crops and Products**, v33, n.3, p.611-616, 2011.

DCAA/SPA/EMATER – Departamento da Cana-de-Açúcar e Agroenergia/ Secretaria de Produção e Agroenergia/ Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Posição em 01/10/2012. Disponível em: http://www.udop.com.br/download/estatistica/acucar_producao/16out12_producao_etanol_tipos.pdf Acessado em 2/10/2012.

DICKO, M.H.; GRUPPEN, H.; TRAORÉ, A. S.; VORAGEN, A. G. J.; BERKEL, W. J. H. Sorghum grain as human food in Africa: relevance of content of starch and amylase activities. **African Journal Biotechnology**, v. 5, n.5, p. 384-395, 2006.

DOOREMBOS, J.; e PRUITT, W.O. **Las necesidades de água de los cultivos**. Roma, FAO, 1976, 193p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, EMBRAPA Desenvolvimento de híbridos de sorgo sensíveis ao fotoperíodo visando alta produtividade de biomassa, **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Milho e Sorgo**, 2010. 23 p.

EMBRAPA Milho e Sorgo – BR 506. Disponível em <http://www.cnpms.embrapa.br/produtos/produtos/brs506.html> , Acesso em 13/07/2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, EMBRAPA. Milho e Sorgo- Sistemas de Produção, Produção de sorgo, 2009.

EMYGDIO, B.M. Produção de etanol a partir de sorgo sacarino. 2010. Disponível em: www.infobibos.com/Artigos/2010_4/sorgo/index.htm. Acesso em: 5/1/2011.

FAO, **Sweet Sorghum in China**. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 2002.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO (2007). Disponível em: <http://faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx?PageID=339&lang=en> . Acesso em: 27 fev. 2010.

GNANSOUNOU, E.; DAURIAT, A.; WYMAN, C.E. Refining of sweet sorghum to ethanol and sugar: economic trade-offs in the context of North China, **Bioresource Technology**, v.96, n.9, p.985-1002, 2005.

GUIGOU, M.; PÉREZ. L. V.; LAREO, C.; LLUBERAS, M. E.; VÁZQUEZ, D.; FERRARI. M. D. Bioethanol production from three sweet sorghum varieties: evaluation of post-harvest treatment on sugar extraction and fermentation. **Biomass and Bioenergy**, v.35, n.7 , p. 3058-3062, 2011.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - Grupo de Coordenação de Estatísticas Agropecuárias - GCEA/IBGE, DPE, COAGRO – Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, Janeiro 2010. Disponível em: www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201001_5.shtm, acesso em: 27 fev. 2011.

IPA – EMPRESA PERNAMBUCANA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, Recife, PE. **Contribuição do IPA para o desenvolvimento da bovinocultura de corte em Pernambuco**. Recife, IPA, 1984. 289p.

IPA. Disponível em: http://www.ipa.br/publicacoes_folhetos_explicativos.php Acessado em 22/02/2011

IPA Sorgo 467-4-2.cdr – Disponível em <http://www.ipa.br/pdf/Sorgo%20467-4-2.pdf>
Acesso em: 23 de outubro de 2011.

IPA Sorgo 2502.cdr – Disponível em <http://www.ipa.br/pdf/Sorgo%202502.pdf> Acesso em: 23 de outubro de 2011.

ITAVO, C.C.B.F.; MORAIS, M.G.; ÍTAVO, L.C.V.; SOUZA, A.R.D.L.; DAVY, F.C.A.; BIBERG, F.A.; ALVES, W.B.; SANTOS, M.V. Consumo e digestibilidade de nutrientes de dietas com silagens de grãos úmidos de milho ou sorgo, em ovinos. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v. 61, n. 2, p.452-459, 2009.

KIDAMBI, S.P., KRIEG, D.R.; ROSENOW, D. T. Genetic variation for gas exchange rates in grain sorghum. **Plant Physiology**, v.92, n.4, p.1211–1214, 1990.

LIMA, J. M. P., MEDEIROS, A. C., GONÇALVES, R. J. de S., LIMA, J. G. A., LIRA, M. A., TABOSA, J. N.; RIBEIRO, R. R. R. Competição de Cultivares de Sorgo Sacarino no Vale do Assu no Estado do Rio Grande do Norte. In: **Congresso Nacional de Milho e Sorgo**, Goiânia, 2010, (28.: 2010: Goiânia). Resumos expandidos [do] XXVIII Congresso Nacional de Milho e Sorgo; IV Simpósio Brasileiro sobre a Lagarta do Cartucho, Goiânia, 29 de agosto a 2 de setembro de 2010 [recurso eletrônico] / editores técnicos Paulo César Magalhães [et al]. – Dados eletrônicos. – Goiânia: ABMS, 2010a.

LIMA, J. M. P., MEDEIROS, A. C., GONÇALVES, R. J. de S., LIMA, J. G. A., TABOSA, J. N., LIRA, M. A. e ARAÚJO, J. M. M. **Desempenho de Cultivares de Sorgo Sacarino na Chapada do Apodi no Estado do Rio Grande do Norte** Congresso Nacional de Milho e Sorgo (28.: 2010: Goiânia). Resumos expandidos [do] XXVIII Congresso Nacional de Milho e Sorgo; IV Simpósio Brasileiro sobre a Lagarta do Cartucho, Goiânia, 29 de agosto a 2 de setembro de 2010 [recurso eletrônico] / editores técnicos Paulo César Magalhães [et al]. – Dados eletrônicos. – Goiânia: ABMS, 2010b.

MACHADO, J. R.; NAKAGAWA, J.; ROSOLEM, C. A.; BRINHOLI, O. Épocas de semeadura de sorgo sacarino em São Manuel e Botucatu, Estado de São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.22, n.9/10, p.951-958, set./out.1987.

MASOJIDEK, J.; TRIVEDI, S.; HALSHAW, L.; ALEXIOU, A.; HALL, D.O. The synergetic effect of drought and light stress in sorghum and pearl millet. **Plant Physiology**, v. 96, p.198-207, 1991.

MASTRORILLI, M.; KATERJI, N.; RANA, G. Productivity and water use efficiency of sweet sorghum as affected by soil water deficit occurring at different vegetative growth stages, **European Journal of Agronomy**, v.11, n.3-4 , p.207–215, 1999.

MATEUS, G. P., CRUSCIOL, C. A. C., COSTA, C., Composição físico-química e potencial para ensilagem do sorgo-de-guiné gigante em seis épocas de semeadura, **Pesq. Agropec. Brás.**, Brasília, v40, n9, p. 935-942, set. 2005.

MENEZES, L.F.G.; SEGABINAZZI, L.R.; BRONDANI, I.L.; RESTLE, J.; ARBOITTE, M.Z.; KUSS, F.; PACHECO, P.S.; ROSA, J.R.P. Silagem de milho e grão de sorgo como suplementos para vacas de descarte terminadas em pastagem cultivada de estação fria. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v. 61, n. 1, p. 182-189, 2009.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, v.31, n.3,p.426-428, 1959.

MONK, R.L.; MILLER, F.R.; McBEE, G.G. Sorghum improvement for energy production. **Biomass**, v.6, 145-385, 1984.

NEUMANN, M.; RESTLE, J.; ALVES FILHO, D.C. Avaliação de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench) quanto aos componentes da planta e silagens produzidas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.31, n.1, p.302-312, 2002.

PARRELLA, RAFAEL A. DA C., MENEGUCI, JOÃO L. P., RIBEIRO, ANDERCÍLIA, SILVA, ADELMO R., PARRELLA, NADIA N. L. D., RODRIGUES, JOSÉ A. DOS S., TARDIN, FLÁVIO D., E SCHAFFERT, ROBERT E.. R. E. Desempenho de cultivares de sorgo sacarino em diferentes ambientes visando a produção de etanol. In **XXVIII Congresso Nacional de Milho e Sorgo**, Goiânia, 2010, Anais...

PENG, S. e KRIEG, D.R. Gas exchange traits and their relationship to water use efficiency of grain sorghum. **Crop Science**, v.32, n.2, p.386–391, 1992.

PIMENTEL, C.R.M.; LIRA, M.A.; FARIAS, M.A. et al. Época de plantio para sorgo e milho nos Estados de Pernambuco e Paraíba: Estudos preliminares baseados em probabilidade de chuva. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v.1, n.1, p.127-142, 1977.

PRASAD, S.; SINGH, A.; JAIN N.; JOSHI, H. C. Ethanol production from sweet sorghum syrup for utilization as automotive fuel in India, **Energy Fuels**, v.21, n.4, p. 2415-2420, 2007.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; ZIMMERMANN, M. J. O. de. Interação dos genótipos x ambientes. In: RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; ZIMMERMANN, M. J. O. **Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro**. Goiânia: UFG, 1993. p.131-169.

RATNAVATHI, C. V.; KUMAR, S. R.; KUMAR, B. S. V.; KRISHNA, D. G.; PATIL, J. V.. Effect of planting on cane Yield and Quality characters in sweet sorghum, **Journal of Sustainable Bioenergy Systems**,v.2, n.1, p.1-9, 2012.

RATNAVATHI, C. V.; SURESH, K.; KUMAR, V.; PALLAVI, M.; KOMALA, V. V.; SEETHARAMA, N. Study on genotypic variation for ethanol production from sweet sorghum juice, **Biomass and Bioenergy**, v.34, n.7, p. 947-952, 2010.

RODRIGUES FERREIRA, S. M.; LUPARELLI, P. C.; SCHIEFERDECKER, M. E. M.; VILELA, R. M. Cookies sem glúten a partir da farinha de sorgo. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, v. 59, n. 4, p. 2010.

São Paulo. Disponível em http://economia.estadao.com.br/noticias/economia%20brasil,demanda-por-etanol-pode-triplicar-ate-2020--diz-goldemberg,not_70360,0.htm Acessado em 05/07/2011.

SAS INSTITUTE. SAS/STAT. User's guide: statistic. 4 ed. Cary: 2004. Version 6, v.2

SCHOBER, T. J.; BEAN, S. R. ; BOYLE, D. L. Gluten-Free Sorghum Bread Improved by Sourdough Fermentation: Biochemical, Rheological, and Microstructural Background. **J. Agric. Food Chem.**, v. 55, p.5137-5146, 2007.

SEAGRI/DIPAP, Sorgo Forrageiro SF 15, 2008 pdf. Disponível em: <http://www.agricultura.al.gov.br/informativo/FOLDER%20SORGO%20FORRAGEIRO%20SF%2015.pdf/view> Acesso em: 23 de outubro de 2011.

SILVA, A.G.; ROCHA, V.S.; CRUZ, C.D. et al. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de sorgo forrageiro semeados em diferentes épocas do ano. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.4, n.1, p.112-125, 2005.

SOUZA, C. C. de; DANTAS, J. P.; SILVA, S. de M.; SOUZA, V. C. de; ALMEIDA, F. A. de; SILVA, L. E. da; (2005) **PRODUTIVIDADE DO SORGO GRANÍFERO CV. SACARINO E QUALIDADE DE PRODUTOS FORMULADOS ISOLADAMENTE OU COMBINADOS AO CALDO DE CANA-DE-AÇÚCAR**. Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, 25(3): 512-517, jul.-set. 2005

TABOSA, J.N.; REIS, O.V.; NASCIMENTO, M.M. A.; LIMA, J. M. P.; SILVA, F. G.; SILVA FILHO, J. G.; BRITO, A. R. M. B.; E RODRIGUES, J. A. S.. O sorgo sacarino no semi-árido brasileiro: elevada produção de biomassa e rendimento de caldo. In **XXVIII Congresso Nacional de Milho e Sorgo**, Goiânia, 2010, Anais.....

TABOSA, J.N.; TAVARES FILHO, J.J.; ARAÚJO, M.R.A. de; LIRA, M. de A.; ENCARNÇÃO, C.R.F. da; BURITY, H.A. Water use efficiency in sorghum and corn cultivars under field conditions. **Sorghum Newsletter**, v.30, p.91-92, 1987.

TABOSA, J.N. et al. Agrocaracterização ambiental das bases físicas do IPA Instituto Agrônomo de Pernambuco-IPA. Recife: [S.n.], 2010

TABOSA, J.N. Fenologia da planta de sorgo. Recife: Instituto Agrônomo de Pernambuco-IPA, 2011. 1p.

TAYLOR, J. R.N.; SCHOBER, T. J.; BEAN, S.R. Novel food and non-food uses for sorghum and millets. **Journal of Cereal Science**, v.44, p. 252–271, 2006.

TEETOR V. H.; DUCLOS D. V.; WITTENBERG, E. T.; YOUNG, K. M.; CHAWHUAYMAK, J.; RILEY, M. R.; RAY, D. T.. Effects of planting date on sugar and ethanol yield of sweet sorghum grown in Arizona. **Biomass and Bioenergy**, v.34, n. 2, p. 1293-1300, 2011.

TEIXEIRA, C. G.; JARDINE J. G. e BEISMAN, D. A. (1997) **UTILIZAÇÃO DO SORGO SACARINO COMO MATÉRIA-PRIMA COMPLEMENTAR À CANA-DE-AÇÚCAR PARA OBTENÇÃO DE ETANOL EM MICRODESTILARIA**. Ciênc. e tecnol. Aliment. V. 17, n.3, p. 221-229, 1997

TEIXEIRA, C. G., JARDINE, J. G., NICOLELLA, G. e ZARONI, M. H. Influência da época de corte sobre o teor de açúcares de colmos de sorgo sacarino, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.9, p.1601-1606, 1999.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR, UNICA. Disponível em <http://www.unica.com.br/downloads/estatisticas/PRODUÇÃO%20DE%20ETANOL.xls>. Acesso em 17/06/2011.

VASILAKOGLU, I.; DHIMA, K.; KARAGIANIANNIDIS, N.; GATSIS, T. Sweet sorghum productivity for biofuels under increased soil salinity and reduced irrigation. **Fields Crops Research**, v.120, n.1, p.38-46, 2011.

WU, X.; STAGGENBORG, S.; PROPHTER, J. L.; ROONEY, W. L. Features of sweet sorghum juice and their performance in ethanol fermentation, **Industrial Crops and Products**, v.31, n.1, p. 164-170, 2010.

ZHAO, Y.L.; DOLAT, A.; STEINBERGER, Y.; WANG, X.; OSMAN, A.; XIE, G.H. Biomass yield and changes in chemical composition of sweet sorghum cultivars grown for biofuel. **Fields Crops Research**, v.111, n.1-2, p.55-64, 2009.

ANEXO I

PRECIPITAÇÃO PLUVIAL NA ESTAÇÃO EXPERIMENTAL DO IPA, EM ITAMBÉ, PE, EM 2011.

Dia	PRECIPITAÇÃO (mm)											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	0,0	2,4	15,0	0,0	0,0	1,0	0,0
2	0,0	0,0	0,0	0,0	17,0	0,0	9,0	8,3	0,0	0,0	3,0	0,0
3	0,0	0,0	0,0	0,0	35,2	4,4	18,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	19,0	0,0	2,2	8,0	62,0	28,0	0,0	0,0	3,5	0,0	0,0	0,0
5	9,2	0,0	0,0	0,0	47,4	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	5,0
6	2,0	0,0	6,6	0,0	12,6	0,0	56,0	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,5	3,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	0,0	0,0	4,6	8,6	1,2	3,7	3,0	5,6	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0,0	2,4	3,5	35,2	4,5	0,0	14,0	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	0,0	0,0	3,0	0,0	20,0	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	5,4	0,0	1,4	17,4	21,0	0,0	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	1,0	1,0	2,5	12,6	0,0	13,2	41,5	0,0	0,0	0,0	10,0	0,0
13	11,0	0,0	0,0	76,0	0,0	0,0	57,0	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0
14	0,0	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	15,1	0,0	0,0	1,5	0,0
15	0,0	1,4	3,8	0,0	2,0	0,0	0,0	3,5	0,0	0,0	2,2	0,0
16	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	67,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17	0,0	0,0	0,0	0,0	13,4	51,5	182,0	8,5	3,0	0,0	0,0	0,0
18	0,0	0,0	0,0	24,0	3,5	8,4	6,0	1,6	10,5	2,6	0,0	0,0
19	0,0	0,0	0,0	80,0	0,0	0,0	0,0	1,8	4,0	0,0	0,0	0,0
20	0,0	14,4	0,0	23,2	160,0	0,0	3,5	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0
21	0,0	14,0	0,0	106,0	0,0	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22	2,2	3,0	0,0	0,0	0,0	12,0	0,0	6,0	0,0	2,5	0,0	12,3
23	24,8	7,2	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	48,0	3,1	0,0	0,0	0,0
24	15,2	5,0	0,0	0,0	10,0	0,0	5,8	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4
25	7,4	0,0	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	3,0
26	10,7	6,0	0,0	0,0	0,0	11,0	0,0	42,0	0,0	0,0	0,0	0,0
27	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	10,7	0,0	0,0	0,0	0,0
28	4,5	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,2	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0
29	3,0	0,0	0,0	3,4	3,0	18,5	2,7	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0
30	3,0		0,0	1,5	22,4	16,0	4,6	1,5	0,0	0,0	2,5	0,0
31	0,0		0,0		1,6		7,2	0,0		0,0		0,0
TOTAL	118,4	60,4	27,6	398,9	444,4	184,4	510,2	180,0	24,1	12,0	23,2	22,7

Fonte: IPA (2011)-Dados climáticos da estação experimental de Itambé, PE.