UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

AVALIAÇÃO DE CULTIVARES E PROGÊNIES DE SORGO IRRIGADOS COM ÁGUA SALINA NA ZONA DA MATA DE PERNAMBUCO

EULÂMPIO ALVES DA SILVA FILHO

RECIFE-PE
2016

EULÂMPIO ALVES DA SILVA FILHO

AVALIAÇÃO DE CULTIVARES E PROGÊNIES DE SORGO IRRIGADOS COM ÁGUA SALINA NA ZONA DA MATA DE PERNAMBUCO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós – Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito para obtenção do título de *Mestre* em Engenharia Agrícola.

Área de Concentração: Manejo Integrado de Água e Solo.

ORIENTADORA: Prof.ª Dra. Lilia Gomes Willadino

CO-ORIENTADOR: Drº. José Nildo Tabosa

RECIFE
2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

S586a Silva Filho, Eulâmpio Alves da
Avaliação de cultivares e progênies de sorgo irrigados com água salina na Zona da Mata de Pernambuco / Eulâmpio Alves da Silva Filho. – 2016.
93 f. : il.

Orientadora: Lília Gomes Willadino.
Coorientador: José Nildo Tabosa.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Recife, BR-PE, 2016.
Inclui referências.

1. Produção 2. Biomassa 3. Sorgo 4. Irrigação 5. Salinidade 6. Etanol
I. Willadino, Lília Gomes, orient. II. Tabosa, José Nildo, coorient. III. Título

CDD 630

AVALIAÇÃO DE CULTIVARES E PROGÊNIES DE SORGO IRRIGADOS COM ÁGUA SALINA NA ZONA DA MATA DE PERNAMBUCO

EULÂMPIO ALVES DA SILVA FILHO

Dissertação defendida e aprovada pela banca examinadora em: ___/___/____.

ORIENTADORA:

_____
Prof. Drª Lilia Gomes Willadino – UFRPE

EXAMINADORES:

_____
Dr. José Nildo Tabosa – IPA

_____
Profª. Drª. Terezinha Câmara Rangel – UFRPE

RECIFE
2016

Aqueles que trabalham e lutam incansavelmente diariamente na terra e dela retira o seu sustento e o das populações rurais e urbanas, em especial a meus avós, Antônio Luiz da Silva (Brobinha), Delmira Alves, Euclides Gueiros, Beatriz Maria da Conceição (*in memorian*), que tanto vivenciaram na agricultura como profissão em suas jornadas de vida.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, Criador dos Céus e da Terra, e também do *Sorgo*

A meus pais Sr Eulâmpio e Maria Mirian, pela criação, educação e ensinamentos, minha esposa, Celuta Vanderlei Alves pelos momentos de companheirismo e compreensão (É Neguinho!); as minhas irmãs e meu sobrinho, pelo apoio, momentos de brincadeiras e descontração nas idas e vindas;

A Prof.ª Lilia Willadino, pela orientação, colaboração, compreensão e a disponibilidade de poder contar, e por ser uma Professora aberta para o diálogo, muito Obrigado;

A Profª Terezinha Câmara, pelo auxilio e incentivo,

Ao Drº Tabosa por todo apoio, incentivo desde o início, obrigado pela confiança e pela sua dedicação nas pesquisas de melhoramento do sorgo no nordeste;

Aos amigos Ronaldo ("*teimoso*"), Rodolfo (Huck), e Dêiverson Denis (O Magão), pela colaboração dos trabalhos de campo e laboratório, fundamental apoio neste trabalho, parte dele também é de vocês;

Ao Casal Srº Luiz Evandro de Lima, meu conterrâneo e sua esposa Ana Rita, pelo apoio, incentivo e ensinamentos,

Ao Professor Ênio França, por ter sido um dos primeiros a me incentivar no aperfeiçoamento, meus sinceros agradecimentos;

Ao meu querido amigo Antônio Santana (Toinho), por sempre ter me incentivado na pesquisa, pela convivência nos momentos alegres e tristes da vida;

Aos colaboradores do IPA, meu muito obrigado pelo auxilio nas rotinas de trabalho de campo, Regis, Marcos, André, Bino (Dr Caúla), Leão, Bené, Izaías, Dorgival, Guilhermino, aos 3 Severinos, Vera, Srs Antônio e Luiz pela ajuda nas leituras da estação;

A minha família do Recife Dona Luzia, Tia Xinha, Marcelinho, Tio Cici, Ana Carla, Renato, Zé Geraldo, pela boa convivência e amizade;

A professora Ceres Duarte por ter colaborado no projeto e por estar sempre disposta a sugerir e ajudar para que este trabalho fosse concluído;

Aos meus colegas de turma do PGEA, entre outros Pedro Francisco(Pacho), Renato Soares, Denize Oliveira, Carolina França, Celinha, Diego Araújo, Savio Duarte, Rodrigo Barbosa, Sisgo Rachidt, Zé Netto, Miguel, Duda, Brenão, Jairo, Luiz (Toinho Lindo), Nadielan, Hammady, Carlos Roberto, Jhon Lennon, Fabio, Hosana e aos demais colegas que aqui não foram citados, agradeço pelos bons momentos.

Ao Funcionário Manuel Cunegundes, por sempre estar disponível a nos ajudar no Programa, tirar dúvidas, momentos de descontração e pela sinceridade, valeu;

Aos Meus Professores, pelo incentivo constante na busca do conhecimento, por sempre ter acreditado em mim, e aos Professores do PGEA.

Ao meu amigo Patrício Augusto pela amizade sincera;

Ao pessoal do LCTV, por sempre ter me ajudado enquanto estive no laboratório, a Wellington, as meninas Lindomar e Marta, Valeu pelo apoio;

A Capes pela concessão da bolsa de estudos durante a vigência do mestrado;

Ao Instituto Federal de Pernambuco- Campus Vitória, em nome do professor Renato Lemos, por ter colaborado com parte do trabalho.

E a todos a todas que participaram diretamente ou indiretamente na minha vida, meus sinceros agradecimentos e também aqueles que ajudaram de qualquer forma para que este trabalho fosse concluído.

O B R I G A D O!

“Amigos a gente encontra
O mundo não é só aqui
Repare naquela estrada
Que distância nos levará
As coisas que eu tenho aqui
Na certa terei por lá
Segredos de um caminhão
Fronteiras por desvendar
Não diga que eu me perdi
Não mande me procurar
Cidades que eu nunca vi
São casas de braços a me agasalhar
Passar como passam os dias
Se o calendário acabar
Eu faço contar o tempo outra vez, sim
Tudo outra vez a passar
Não diga que eu fiquei sozinho
Não mande alguém me acompanhar
Repare, a multidão precisa
De alguém mais alto a lhe guiar
Quem me levará sou eu
Quem regressará sou eu
Não diga que eu não levo a guia

De quem souber me amar”
(Dominguinhos)

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO 19

1.OBJETIVOS 21

1.1. Objetivo Geral

1.2. Objetivos Específicos

2. REVISÃO DE LITERATURA 22

2.1**.** Uso de águas salinas na agricultura 22

2.2. A cultura do sorgo 24

2.3. O uso do sorgo como alternativa na entressafra da cana de açúcar 29

3. MATERIAL E MÉTODOS 31

3.1. Local da pesquisa 31

3.2. Condução do experimento 33

3.3. Características agronômicas das cultivares e progênies 37

3.4. Delineamento experimental 38

3.5. Tratos culturais 39

3.6. Época de colheita e amostragens 42

3.7. Análises estatísticas 47

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO 47

5. CONCLUSÕES 74

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS 75

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 76

ANEXOS 88

RESUMO

O nordeste brasileiro apresenta diversas áreas com limitações quanto à disponibilidade de água de qualidade para o consumo e para a atividade agrícola, o que reforça a necessidade de utilização de águas de qualidade inferior. No entanto, para o aproveitamento de água com níveis de sais elevados deve-se levar em consideração o potencial de produção de culturas tolerantes a fatores abióticos adversos como risco de salinidade da água de irrigação e do solo, características físicas e químicas do solo, e a aptidão da cultura estar inserida num contexto produtivo local, sendo o sorgo uma cultura complementar a cana-de-açúcar na região da zona da mata. O objetivo deste trabalho foi avaliar a produção de cultivares e progênies de sorgo, (com diferentes aptidões sendo; forrageiro, duplo propósito e sacarino, além de progênies que estão em fase de testes para recomendação de cultivo no estado de Pernambuco), submetidos a irrigação com água salina, observando a eficiência no uso de água e potencial produtivo, visando à inclusão desses cultivares e progênies em sistemas de produção que utilizam água com elevados teores de sais para irrigação. Foi conduzido um experimento irrigado no período de 11 agosto à 09 dezembro de 2015, no município de Vitória de Santo Antão, em Pernambuco, região da Zona da Mata Sul do Nordeste do Brasil, na Estação Experimental Drº Luiz Jorge da Gama Wanderley pertencente ao Instituto Agronômico de Pernambuco-IPA. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com 20 tratamentos (cultivares e progênies) com três repetições. As principais variáveis avaliadas foram: produção de matéria verde e seca total, produção de colmo por hectare, altura média de plantas, número de dias para o florescimento, teor de sólidos solúveis, etanol teórico e a condutividade elétrica do extrato de saturação, como também os níveis de sódio e de potássio do extrato obtido. A salinidade da água de irrigação não afetou o pleno desenvolvimento das cultivares e progênies de sorgo, havido grande incremento do elemento sódio no solo. As cultivares que mostraram compatíveis com os coeficientes do setor sucroenergético foram IPA SF-15, BRS 508 e T 17 389-5-1x IPA 1158, com valores médios para produção de etanol, sendo as mesmas que também a apresentaram maior eficiência no uso de água. As progênies em fase de teste apresentaram baixo desempenho por não ter atingido a estabilidade genética.

Palavras-chave: Produção, Biomassa, Sorgo, Irrigação, Salinidade, Etanol.

ABSTRACT

The Northeast of Brazil presents diversity lands, and limitation use of water quality, availability for consumption and agricultural activity, which reinforces the need to use water of inferior quality. However, for the use of water with high salt levels should take into account the production potential of crops tolerant to adverse abiotic. Insert factors such as risk of salinity of irrigation water and soil, soil physical and chemical characteristics, and crop suitability, in a local productive context production, with sorghum being a complementary crop to sugarcane in the region of the zona da mata. Sorghum as a highlight, in regions where there is low rainfall and irregular rainfall regime due to its ease of cultivation, drought tolerance, rapid establishment and growth, as well as good nutritional value and high forage production; Biomass for ethanol production. The objective of this work was to evaluate the production of sorghum cultivars and progenies (with different types; forage, double purpose and saccharine, as well as progenies that are in the test phase for cultivation recommendation in the state of Pernambuco). Submitted to irrigation with water salinity, observing the efficiency of water use, ethanol production potential as an alternative in the sugarcane harvesting, aiming at the inclusion of these cultivars and progenies in production systems that use water with high levels of salts for irrigation. An irrigated experiment conducted in the Municipality of Vitoria de Santo Antão, in Pernambuco, Brazil, at the Experimental Station of Luiz Jorge da Gama Wanderley belonging to the Institute Agronomic of Pernambuco- (IPA). The experimental design was a randomized complete block design with 20 treatments (cultivars and progenies) with three replicates. The main variables evaluated were; total dry matter yield, shoot yield per hectare, mean plant height, number of days for flowering, soluble solids content, theoretical ethanol and the electrical conductivity of the saturation extract, as well as the sodium and potassium levels of the extract obtained. The salinity of the irrigation water did not affect the full development of sorghum cultivars and progenies. There was a great increase of the sodium element in the soil. The cultivars that showed compatible with the coefficients of the sugarcane sector were IPA SF-15, BRS 508 and T 17 389-5-1x IPA 1158, with average values for ethanol production, being also the ones that presented higher efficiency in the use of Water. The progenies in the test phase presented low performance because they did not reach the genetic stability.

Keywords: Production, Biomass, Sorghum, Irrigation, Salinity, Ethanol.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Comparativo entre Cana-de-açúcar, Beterraba sacarina e Sorgo.....26

Tabela 2. Principais parâmetros industriais da Cana-de-Açúcar e Sorgo Sacarino.....27

Tabela 3. Média dos dados meteorológicos da estação experimental do IPA, em Vitória de Santo Antão–PE, Agosto a Dezembro de 2015.....32

Tabela 4. Características Agronômicas das Cultivares e Progênies.....38

Tabela 5. Atributos Físicos e Químicos do Latossolo Vermelho Distrófico da área de estudo.....40

Tabela 6. Médias das variáveis: Produção de matéria verde total (PMV), Produção de colmo por hectare (PCH) % Matéria seca (%M S Total), Altura na Colheita (AMP), Floração (Nº DIAS), das 20 Cultivares e Progênies de Sorgo. Vitória de Santo Antão – PE, 2015.....48

Tabela 7. Médias das variáveis: Teor de Sólidos Solúveis na Colheita (°BRIX), Açúcares Redutores Totais (ART), Etanol Teórico(E.T), Etanol Teórico unitário (ETu) e Eficiência na Extração de Caldo (EEC), de 20 Cultivares e Progênies de Sorgo, Vitória de Santo Antão-PE, 2015.....54

Tabela 8. Média das variáveis de Eficiência no Uso de Água(EUA), e Floração (N^{o} dias) com a classificação das 20 Cultivares e Progênies de Sorgo, Vitória de Santo Antão-PE 2015.....59

Tabela 9. Parâmetros da Análise de Água de Irrigação, com a classificação, Vitória de Santo Antão-PE, 2015.....64

Tabela 10. Condutividade elétrica do extrato de saturação do solo em 3 coletas e leitura nas parcelas das 20 Cultivares e Progênies de Sorgo - Vitória de Santo Antão-PE. 2015.....66

Tabela 11. Níveis de Sódio e de Potássio no Extrato de Saturação obtidos das parcelas das 20 Cultivares e Progênies de Sorgo - Vitória de Santo Antão-PE. 2015.....69

Tabelas 12 e 13. Correlação Genotípica entre as variáveis de Sorgo. Vitória de Santo Antão-PE, 2015.....73

LISTA FIGURAS

Figura 1. Dados da fenologia da planta de sorgo.....25

Figura 2. Mapa de Pernambuco, e Vitória de Santo Antão em destaque.....32

Figura 3. Histórico dos dados meteorológicos da Estação Experimental IPA Vitória no período de 2012-2015.....33

Figura 4.Bomba comparativa de calibração de manômetro.....36

Figura 5. Micro aspersor e linha lateral.....36

Figura 6. Manômetro calibrado.....36

Figura 7. Micro aspersor Amanco ™ Bocal Amarelo.....36

Figura 8. Curva característica do Emissor pelo Fabricante Amanco ™ 37

Figura 9. Croqui do delineamento experimental das cultivares e progênies de sorgo, Vitória de Santo Antão-PE, 2015.....39

Figuras 10 e 11. Desbaste aos 15 DAS e adubação de cobertura aos 30 DAS.....41

Figura 12. Taxa de infiltração básica e infiltração acumulada do solo da Estação Experimental do IPA Vitória de Santo Antão, 2015.....42

Figura 13. Sorgo na fase do pré-florescimento. 43

Figura 14. Sorgo na fase de grão leitoso/ pastoso 43

Figura 15. Relação da Produção de matéria seca (MS.Total), e da Eficiência no Uso de Água, (EUA) das 20 Cultivares e Progênies de sorgo, Vitória de Santo Antão-PE - 2015 61

Figura 16. Eficiência no Uso de Água x Colheita das 20 cultivares e progênies de sorgo, Vitória de Santo Antão-PE, 2015.....62

Figura 17. Condutividade Elétrica do Extrato de Saturação nas parcelas das 20 cultivares e progênies de sorgo.....68

Figura 18. Concentração do Sódio obtido do Extrato de Saturação nas parcelas das 20 cultivares e progênies de sorgo.....70

Figura 19. Concentração do Potássio obtido do Extrato de Saturação nas parcelas das 20 cultivares e progênies de sorgo.....71

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1. Evapotranspiração pelo método de Linacre 1977.....34

Equação 2. Estimativa da Temperatura do Ponto de Orvalho.....34

Equação 3.Pressão Atual de Vapor.....34

Equação 4.Pressão da Saturação de Vapor.....35

Equação 5. Pressão Média da Saturação de Vapor.....35

Equação 6.Evapotranspiração da cultura.....35

Equação 7. Percentual de Matéria Seca.....45

Equação 8. Estimativa do Etanol Teórico.....45

Equação 9. Eficiência no Uso de Água em $kg.ha^{-1}.mm^{-1}$ e em $kg.m^{-3}$.....46

Equação 10. Eficiência no Uso de Água em $kg.MS.kg.H_2O^{-1}$.....46

Equação 11. Razão de Adsorção de Sódio.....63

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANA- Agência Nacional de Águas

ANFAVEA- Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores

CE – Condutividade elétrica

CEa- Condutividade elétrica da água de irrigação

CEes- Condutividade elétrica do extrato de saturação

CEPAL- Comissão Econômica para da América Latina e Caribe

CTC- Capacidade de Troca Catio-ionica

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento

CPRM- Serviço Geológico do Brasil

DAS- Dias Após a Semeadura

EUA- Eficiência no Uso de Água

EMBRAPA -Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EC 1 Estagio de Crescimento

ETo – Evapotranspiração de referência

ETc- Evapotranspiração da Cultura

ET- Etanol Teórico

ETu- Etanol Teórico por tonelada de Biomassa

FAO – Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação

HCN- Ácido Cianídrico

IPA- Instituto Agronômico de Pernambuco

Kc- Coeficiente de Cultivo

PST- Percentual de Sódio Trocável

RAS- Razão de Adsorção de Sódio

USDA- Departamento de Agricultura dos Estados Unidos

pH- Potencial Hidrogênio-iônico

$mmol_c.L^{-1}$ mili mol de carga por litro

$mg.L^{-1}$ - miligrama por litro

$cmol_c.dm^{-3}$- centi mol de carga por decímetro cúbico

$g.cm^{-3}$ - grama por centímetro cúbico

$d.S.m^{-1}$ deci Siemens por metro

$t.ha^{-1}$ – Toneladas por Hectare

$L.\ ha^{-1}$- Litros por Hectare

$L.t^{-1}$ - Litros por tonelada

$kg.\ ha^{-1}$ - Quilogramas por Hectare

$t.m^{-3}$- Tonelada por metro cúbico

PCH- Produção de Colmo em Tonelada por Hectare

ºBrix- Teor de Sólidos Solúveis (Açucares)

ART- Açúcares Redutores Totais

es Pressão Parcial de Vapor

ea-Pressão atual de Vapor

kPa- quilo Pascal

$kgf.cm^{-2}$ - quilograma-força por centímetro quadrado

TPo- Temperatura do ponto de Orvalho

Ds- Densidade do Solo

P- Porosidade

Dp- Densidade de Partículas

INTRODUÇÃO

As pressões geradas pela sociedade nos recursos naturais como água, petróleo, uso intensivo do solo, o que vem crescendo paralelamente com o aumento da população mundial, busca-se a cada dia atender as necessidades desta sociedade, com pesquisas e alternativas de maneira a impactar esses recursos ao mínimo possível, podendo ser deixado como legado para as gerações futuras.

Este impacto causa cada vez mais de forma imprescindível o consumo de alimentos, energia e fibras dentre outros produtos, pois a sociedade multiplica-se em todos os continentes, gerando expectativas de que pesquisadores e cientistas busquem constantemente alternativas que venham preencher lacunas diante de seus anseios.

Plantas agro energéticas, surgem como oportunidade na diversificação da matriz energética dos países, inclusive na produção de etanol e biodiesel, como fontes renováveis de energia, em substituição aos combustíveis derivados do petróleo que são geradores de gases que promovem o chamado "efeito estufa", minorando a nocividade dos gases que são liberados com o uso destes combustíveis.

No contexto mundial, o Brasil tem vantagem comparativa por possuir extensa área potencial para a produção agroindustrial, ser localizado em região tropical, obter avançado estágio de desenvolvimento e difusão tecnológica além da sua já reconhecida potencialidade na produção de etanol, a partir da cana-de-açúcar.

Do ponto de vista histórico, na região Nordeste do Brasil, desde o período colonial, ao período contemporâneo, os estados que tem se destacado na produção de açúcar e etanol através da cana-de-açúcar é Pernambuco em segundo lugar e Alagoas em primeiro. Nesse contexto é possível produzir outras culturas de potencial energético como o Sorgo.

Outras regiões brasileiras como o Centro-Oeste e a Sudeste, destacam-se por serem as regiões com melhores condições edafoclimáticas, além da regularidade de chuvas, sendo mais produtivas, onde o Estado de São Paulo o maior em produção de etanol e açúcar.

Existem várias possibilidades de se produzir etanol, isto é, através de diversas plantas como fontes de matéria prima, como cana-de-açúcar e sorgo, por terem caldo diretamente fermentescíveis passando por poucas etapas de obtenção, em comparação com outras culturas como milho, beterraba sacarina, batata doce e mandioca, que são amiláceas, além de que, elas fazerem parte da dieta alimentar, não existindo competição entre produção de alimentos e combustível.

O uso intensivo do solo e a poluição de rios, lagos, dentre outros corpos hídricos, têm diminuído a oferta de água de qualidade adequada para agricultura, levando diferentes agentes a utilizarem estes recursos já degradados por falta de oportunidade e ao mesmo tempo, possibilita uma produção agrícola sustentável, de modo a destinar recursos naturais exauridos em novos caminhos como modelo de uso dos recursos hídricos.

Como destaque, o sorgo surge como uma alternativa no aproveitamento da biomassa como uma cultura que venha a complementar o setor sucroenergético da cana de açúcar e proporcionar a continuidade nos processos de produção, notadamente nos períodos de entressafra, onde ocorre paralização do sistema.

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar diferentes cultivares e progênies de sorgo, e seu potencial para produção de etanol, irrigado com águas salinas na Zona da Mata de Pernambuco.

1. OBJETIVO

1.1. Objetivo Geral:

Avaliar cultivares e progênies de sorgo, sob uso de água salina para produção de etanol na Zona da Mata de Pernambuco.

1.2. Objetivos específicos:

- Avaliar o potencial produtivo de biomassa e de etanol das cultivares e progênies;
- Determinar os níveis de condutividade elétrica do solo e da água de irrigação e potencial de risco de salinização do solo ;
- Relacionar a produção de matéria seca das cultivares e progênies com a eficiencia no uso de água;
- Indicar cultivares e progênies que se destacam como promissores na produção de etanol na Zona da Mata de Pernambuco.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Uso de águas salina na agricultura

A agricultura irrigada vem sofrendo pressão da crescente demanda de alimentos no mundo. Devido à necessidade de aumentar a produtividade, o setor tem alcançado grande expressividade na produção mundial com uma área irrigada no mundo em torno de 18% da área total cultivada, sendo esta responsável por 44% da produção agrícola do mundo. No Brasil estima-se que 4,6 milhões de hectares sejam irrigados, ou seja, apenas 6% da área total plantada (ANA., 2007).

Num mundo em que muitos países já utilizam toda sua área agricultável, observa-se na irrigação um grande potencial produtivo (PIRES et al, 2008), no entanto, o manejo inadequado e o uso de água de baixa qualidade são os principais fatores no processo de degradação dos solos (SILVA et al., 2011a).

Uma das principais consequências do manejo inadequado da irrigação é a salinização e alcalinização dos solos. Estima-se que um quarto de toda área irrigada no mundo encontra-se seriamente comprometida pelo excesso de sais. No Brasil, estas áreas concentram-se principalmente no Nordeste onde aproximadamente nove milhões de hectares estão comprometidos, sendo a Bahia o estado mais degradado com cerca de 44% das terras salinizadas, seguido do Ceará com 25,5% (LEITE., 2005).

No geral, os solos apresentam quantidades variáveis de sais solúveis em água, tais sais se movimentam para cima ou para baixo, carregados pelo movimento da mesma no perfil do solo (COSTA., 2007). Os problemas de salinidade dos solos podem ter origem antrópica, pelo uso de áreas consideradas marginais para agricultura, como também no uso de águas de qualidade inadequada ou não satisfatória para a agricultura, intensificando a acumulação de sais solúveis no solo, ocasionando degradação destes recursos (RIBEIRO.,2010; FREIRE et al., 2014).

Os solos afetados por sais, têm uma ocorrência mais comum em regiões áridas e semiáridas, o que não se restringem apenas nestas regiões, o na qual em condições apropriadas e restritas podem se desenvolver em regiões úmidas e sub-úmidas. (QUEIROZ et al., 1997).

A irrigação com águas salinas e de qualidade inferior pode acarretar no aumento da concentração de sais nos solos, no entanto, tais águas raramente contêm quantidades de sais suficientes para causar injúrias imediatas às plantas, salvo nos casos onde ocorre o contato foliar

(RHOADES., 1992). Sem a adoção de técnicas adequadas de manejo de água e solo, a concentração de sais no solo tende a aumentar e pode haver evolução da salinidade. (SOUSA et al., 2014)

AQUINO et al., (2007), também relata que o uso de águas salinas pode, em suas diferentes proporções de sais solúveis, alterar de forma negativa as propriedades físicas e químicas do solo, podendo provocar variados graus de estresse aos vegetais a depender da forma como é aplicada.

Nos diferentes métodos de irrigação (localizada, aspersão e superfície) a água move-se no solo de maneira particular a cada método, ocasionando assim diferentes formas de acúmulo de sais no solo, pois o movimento de sais no solo é governado pelo movimento da água (ASSIS JUNIOR., 2007).

Havendo os processos de movimentação e o acúmulo de sais na rizosfera devido a evapotranspiração das culturas, na qual a água é transferida do solo para a planta e a atmosfera e deixa os sais na superfície e em todo o perfil do solo. Com quantidades excessivas de sais solúveis acumuladas na zona radicular, as plantas têm dificuldade de extrair água da solução do solo, em função da redução do potencial osmótico da água do solo, resultando na redução do crescimento e produtividade das plantas (ANDRADE e CRUCIANI., 1998).

O sorgo é considerada uma planta moderadamente tolerante à salinidade, o que lhe insere num patamar de aproveitamento de uso como uma cultura que pode ser utilizada com recursos edáficos e hídricos degradados, além de possibilitar uma grande capacidade de adaptação. (LACERDA et al., 2007).

Esta classificação amplamente difundida e estudada por diversos pesquisadores no mundo, AYERS e WESTCOT., (1999), lhe estabelece uma faixa de tolerar até 5,0 $dS.m^{-1}$ da água de irrigação, considerando perdas em torno de 10% de seu potencial produtivo; e ainda podendo tolerar de 1,0 a 2,0 $dS.\ m^{-1}$ na forma de sódio ou de cloreto, em contato foliar por sistema de aspersão sem causar prejuízos.

Entretanto, diferentes pesquisadores conseguiram em desenvolvimento inicial, ultrapassar estes patamares estabelecidos como um padrão para algumas culturas. Em se tratando do sorgo, a depender do tipo, estádio fenológico e genótipo, foi constatado por COELHO et al (2014), uma taxa de sobrevivência acima de 80%, a um nível de salino de 10,0 $dS.m^{-1}$, onde avaliou a germinação e crescimento inicial de cultivares de sorgo.

Avaliando a germinação de dois genótipos de sorgo, AQUINO et al (2007), constatou que ao máximo nível de salinidade a 8,0 0 $dS.m^{-1}$ para o genótipo CSF-18, e CSF-20, foi obtido índices de tolerância de 80 e 50% respectivamente, ou seja, é uma cultura capaz de suportar em desenvolvimento inicial, o estresse provocado pelas águas salinas, no qual pode ser expressado na forma de mecanismos de defesa ou escape através das características dos genótipos.

Isso pode ser confirmado por OLIVEIRA e GOMES-FILHO (2009), trabalhando com os mesmos genótipos, onde avaliou a germinação e o vigor das sementes de sorgo, em que observou que no nível mais crítico da solução do substrato, que foi de 15,0 $dS.m^{-1}$, o percentual de germinação do genótipo CSF-18 se manteve em torno de 30% do 3º ao 10º dia, já no CSF-20 no mesmo período não foi possível chegar ao patamar de 10%, mostrando que estes genótipos respondem de forma diferenciada quando submetidos a estresse salino.

2.2. A cultura do Sorgo

A planta moderna do sorgo, (*Sorghum bicolor* L.) Moench, é um produto da intervenção humana, domesticado ao longo de gerações. É da ordem Poales, família Poaceae, subfamília Panicoideae, e da tribo Andropogoneae, do Gênero *Sorghum.* A espécie *bicolor*, possui mecanismo fotossintético do tipo C4, semelhante ao milho e a cana-de-açúcar (ALMODARES e HADI 2009; TAIZ E ZEIGER 2013; VON PINHO et al., 2014).

S. bicolor, é uma espécie monoica, autógama, podendo haver alogamia que varia entre 2 e 10%, sendo classificada como planta de dia curto, isto é, florescendo em noites longas. (FORNASIERI FILHO., 2009; FLOSS., 2008).

Considerando o aspecto econômico em nível mundial, o sorgo granífero é o mais importante dentre os diferentes tipos. A área cultivada com sorgo no mundo é da ordem de 45 milhões de hectares FAO (2010). Este quantitativo de área plantada provém de uma contribuição de 104 países, distribuídos em todos os continentes (TABOSA et al., 2013).

É o quinto cereal mais cultivado no mundo, ficando atrás do trigo (*Triticum aestivum*), arroz (*Oryza sativa* L.), milho (*Zea mays* L.) e cevada (*Horderum vulgare* L). Sua produção na América do Norte, América do Sul, Europa e Austrália destina-se principalmente para alimentação animal, por outro lado, na Ásia, África, China e América Central, os grãos têm importância por fazerem parte da dieta da população. (FORNASIERI FILHO., 2009).

O sorgo compreende os tipos forrageiro, granífero, sacarino, herbáceo, vassoura e ainda o de duplo propósito. Teve seu centro de origem no continente Africano, onde atualmente é a Etiópia. Foi domesticado há pelo menos 5000 a.C. É uma cultura de grande utilidade em regiões quentes e secas onde não é viável a produção de grãos e forragem de cereais como o milho (FORNASIERI FILHO., 2009; MAY., 2014). O ciclo da cultura varia de acordo com o tipo, o forrageiro e sacarino são mais tardios, em torno de 120 dias, já o granífero mais precoce, em torno de 90 dias após a semeadura (TABOSA et al., 2008).

Segundo MAGALHÃES e DURÃES., (2003); VON PINHO; FIORINI e SANTOS., (2014), o sorgo apresenta três estádios distintos de crescimento vegetativo e reprodutivo. EC1 que caracteriza o primeiro estádio de crescimento da cultura, que vai da semeadura, até a diferenciação interna de pontos de crescimento, no caso a formação da panícula. Na fase seguinte EC2, que é compreendida entre a iniciação da panícula até o florescimento. É considerado um período crítico para cultura, onde os processos de crescimento, se afetados, poderão comprometer o rendimento, sendo o restante do desenvolvimento da área foliar, expansão do sistema radicular, acumulação de matéria seca e o período pleno de enchimento de grãos.

Na figura 1, pode ser observado as diferentes fases fenológicas do sorgo, considerando um material de ciclo precoce, até 100 dias, para atingir a maturação dos grãos.

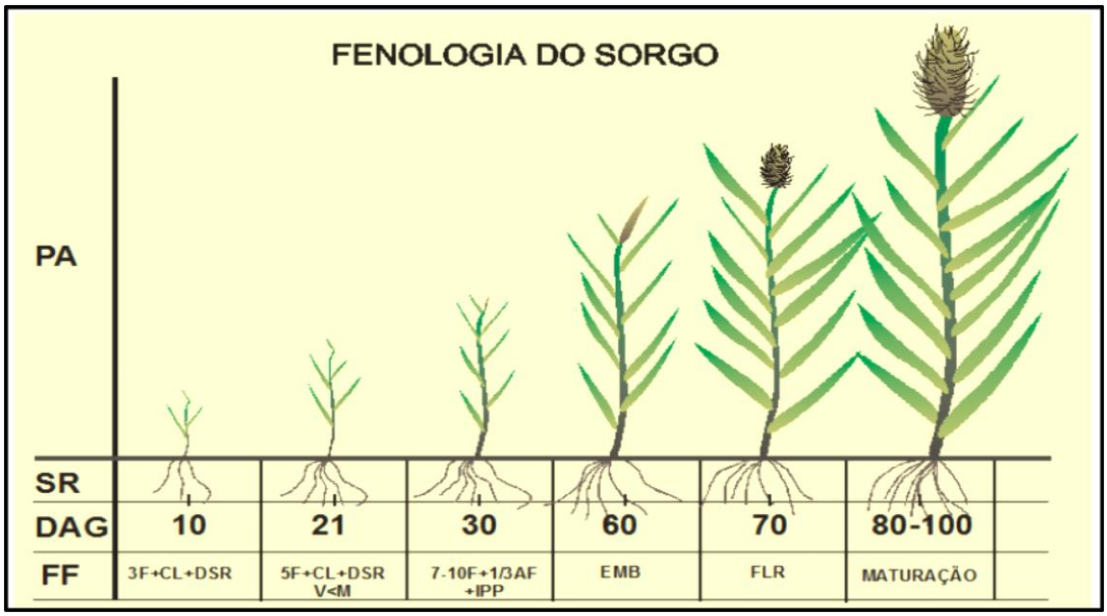


Figura 1. Dados da fenologia da planta de sorgo. PA - parte aérea; SR – sistema radicular; DAG- dias após a germinação; FF- fase fenológica; F- folha; CL-caulículo; DSR-desenvolvimento do sistema radicular; V<M- até 21 dias, o sorgo apresenta menor vigor (V) do que o milho (M); AF- área foliar; IPP – início do ponto de crescimento; EMB-emborrachamento; FLR-floração. **Fonte:** TABOSA, 2011.

A fase de crescimento EC3, que vai da floração à maturação fisiológica. Nessa fase alguns fatores ambientais podem afetar o bom desenvolvimento da cultura, que compreende a floração. No caso de escassez hídrica nessa fase, e altas temperaturas podem inviabilizar os grãos de pólen na fecundação das flores.

Segundo MAGALHÃES et al., (2000) o sorgo é uma planta que produz, mesmo em condições desfavoráveis quando comparado a outras culturas, e mesmo em diferentes ambientes agroecológicos. Pode apresentar aptidão para ser cultivado em ambientes áridos e semiáridos, considerada uma planta tolerante à seca e suportar longos períodos de escassez de chuvas.

Na tabela 1, pode ser visualizado o comparativo entre culturas agro energéticas como cana-de-açúcar, beterraba sacarina e o sorgo.

Tabela 1. Comparativo entre cana-de-açúcar, beterraba sacarina e sorgo.

Caracteres	**Cana-de-Açúcar**	**Beterraba Sacarina**	**Sorgo**
Ciclo (meses)	7-12	5-6	4
Condições Edáficas	Solos com boa drenagem	Solos franco arenosos; também tolera solos alcalinos	Todas as classes de solo, e com boa drenagem
Necessidade hídrica ($mm.ha^{-1}$)	3600	1800	1200
Produção ($t.\ ha^{-1}$)	70-80	30-40	54-69
Conteúdo de açúcares com base no peso (%)	10-12	15-18	7-12
Produção de Etanol diretamente do caldo ($l.ha^{-1}$)	3000-5000	5000-6000	3000
Colheita	Mecanizada	Muito simples, normalmente manual	Muito simples, tanto manual como mecanizada

Adaptado. ALMODARES e HADI., (2009)

Na tabela 2, é descrito um comparativo entre a cana-de-açúcar e o sorgo para finalidade agroindustrial.

Tabela. 2 Principais parâmetros de interesses industrial para cana-de-açúcar e sorgo sacarino

Parâmetros	Sorgo Sacarino	Cana-de-açúcar
Brix do caldo (°)	15-19	18 - 25
Pureza (%)	60-75	80 - 90
Fibra (%)	12-20	10 -15
Sacarose do caldo (%)	8 -13	14 - 22
AR do caldo (%)	1- 3	0,5 -1
ATR do caldo (%)	12-17	15 - 24
Amido no caldo (%)	até 0,5	0,001 - 0,05

Adaptado de SCHAFFERT e PARRELLA., (2011)

Os dados médios produtivos de destilarias para produção de etanol anidro a partir da cana de açúcar fica em torno de 85 litros por tonelada, já para as usinas, fica para o etanol 42 litros e para açúcar 71 kg, ainda com uma produção média nacional de 75 $t.ha^{-1}$ (NOVACANA., 2016).

DUARTE., (2003) e FORNASIERI., (2009) apontaram a introdução do sorgo no Brasil por volta do início do século XX. Embora não tenha se destacado como uma cultura de características comerciais marcantes, é considerado um substituto do milho em seus vários usos e, por ter sua origem em ambiente semiárido e árido, é mais tolerante ao estresse hídrico que o milho, embora dependa de boas práticas de manejo para atingir um patamar desejável de produção.

O sorgo é considerado um cereal bastante versátil, abrangendo diversos segmentos no mercado agrícola mundial, por possuir uma variabilidade de tipos e atender as necessidades e diversidades de mercado e interesses em todo planeta (MAY., 2014).

O sorgo granífero, este com maior destaque em seus diferentes tipos, compõe a dieta de aproximadamente 500 milhões de pessoas, em quase todo globo; sendo considerada uma cultura marginal, porém, tem uma importância significativa em países em desenvolvimento, ou que pelo

menos apresente eventos de déficit hídrico durante o ano (WALL e ROSS.,1970; RIBAS., 2014).

A produção mundial de sorgo para a safra 2015/16, está estimada, de acordo com o último relatório de Oferta e Demanda do USDA, em 67,1 milhões de toneladas, representando um aumento de cerca de 5,5% (3,53 milhões de toneladas) em relação aos 63,6 milhões de toneladas produzidas na safra 2014/15. Já o consumo mundial, estimado em 62,79 milhões de toneladas, mostra um aumento de 7,72% (4,5 milhões de toneladas), em relação aos 58,29 milhões de toneladas da safra anterior (USDA., 2015).

Segundo RIBAS., (2014), a produtividade do sorgo fica em torno de 1.439 kg/ha sendo influenciado, evidentemente, pelas condições climáticas de cultivo, como o estresse hídrico e temperaturas elevadas entre outros, porém, se bem manejado, mesmo em ambientes desfavoráveis consegue produzir onde o milho não atende às expectativas.

No Brasil, segundo a CONAB., (2015), dados da safra 2013/2014, a área plantada com sorgo era da ordem de 731 mil hectares, com uma produtividade média de 2.587 kg. ha^{-1}, no entanto, nas estimativas do biênio 2014/2015 houve um decréscimo em área plantada, porém, o que chama atenção é o aumento em produtividade que foi para 2.665 kg. ha^{-1}, com um aumento de 3,0%.

No Nordeste houve um aumento de 5,2% da área plantada de 148,7 mil hectares para 156,5 mil hectares com relação aos biênios 2013/2014 e 2014/2015, embora, tenha ocorrido um decréscimo em produtividade que foi de 922 kg. ha^{-1} para 870 kg. ha^{-1} . Devem ser levados em consideração os longos periodos de estiagem na região e a má distribuicão das chuvas, demostrando uma queda de 5,5% de produção, ficando muito abaixo da média nacional. Com relação ao estado de Pernambuco, houve um aumento bastante significativo em área plantada que passou de 1.800 para 6.200 ha variando em 344%, no periodo 2013/2014, entretanto, esse dado no que diz respeito as estimativas dos periodos ja mencionados, houve uma queda de 23% da produção ficando de 560 para 430 kg. ha^{-1}, nos periodos analisados.

MOREIRA et al., (2013) descrevem que o sorgo sacarino é uma cultura vantajosa, com relação à cana-de-açúcar, por se propagar por sementes, apresentar ciclo produtivo curto (90-130 dias), fácil mecanização e maior eficiência no uso de água. Apesar dessas vantagens, o sorgo se insere-se num contexto vulnerável de produção, visto que, é empregada pouca tecnologia, utilização residual das adubações de outras culturas, e em função disso é uma cultura de segunda safra (após os cultivos de verão), obtendo índices produtivos baixos (COELHO et al., 2002).

O melhoramento genético sempre será uma atividade importante do ponto de vista da difusão tecnológica, suprindo as necessidades de um sistema produtivo local. Para tanto, a seleção do material que mais se adeque, em atender características agronômicas desejadas como a adaptação a região, potencial produtivo, estabilidade de produção, resistência/ou tolerância a pragas e doenças entre outras características desejáveis para o sucesso das lavouras. (COELHO et al., 2002).

Em condições controladas de irrigação, existe dados de produção de colmo de sorgo de duplo propósito cerca de 147 t ha $^{-1}$, com eficiência de extração caldo de 53%, com a cultivar IPA SF-15, em Canindé do São Francisco- SE. (TABOSA et al., 2013).

2.3. O Uso do Sorgo como alternativa à entressafra da Cana de Açúcar

Para aliviar as tensões num contexto geopolítico global, no Brasil, por volta da década de 70, com a crise do petróleo, o Governo Federal, juntamente com outras instituições, iniciaram programas de melhoramento do sorgo, visando a produção de biocombustíveis como fontes renováveis, e diminuindo assim a dependência do petróleo como fonte de energia (XIMENES., 1988).

O programa nacional do álcool-Pro álcool, surgiu por volta do início da década de 1970, perdurando até o final dos anos 80, como um programa de cunho internacional e inovador, frente a crise do petróleo, sendo para época a alternativa inédita como fonte de biocombustíveis, tendo auge neste início quando os preços de açúcar no mercado internacional estavam baixos era possível optar por este modelo de produção, como substituto da gasolina e de modo complementar na forma de aditivo na gasolina (NITSCH., 1991).

No Brasil, o uso do etanol como aditivo a gasolina, despontou como o primeiro país a abolir o chumbo tetra etila como um dos componentes antidetonantes na gasolina, além de causar desordens de cunho ambiental como a poluição, o fez garantir e viabilizar a produção de etanol como biocombustível estratégico associado ao uso da gasolina, diminuindo assim a emissão de poluentes. (CEPAL., 2008);

De acordo com a Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores, do ano 2003, no qual iniciou um marco na adoção e fabricação dos veículos "*flex*", ou bicombustível,

reduzindo a fabricação dos veículos movidos a gasolina, como a extinção daqueles movidos exclusivamente a etanol, e assim criando um novo conceito junto a entidades de pesquisa, tecnologia, inovação como universidades e os fabricantes, passando a elevar ao consumidor uma opção de consumo que gera um menor impacto ambiental, associado as novas tecnologias e processos de fabricação de veículos leves.(ANFAVEA.,2016).

Com o aumento da frota de veículos do Brasil, nos últimos anos, com um volume de mais de 25 milhões de unidades de carros de tecnologia "*flex*", tecnologia esta que abrange cerca de 7-% da frota de veículos leves, faz com que o sorgo sacarino torne-se um aliado imediato aos cultivos de cana-de-açúcar como uma espécie de grande potencial energético, sendo promissor na produção de biocombustíveis. (FERREIRA., 2015; UNICA., 2016).

O sorgo, em especial o tipo sacarino apresenta-se como fonte complementar à cana-de-açúcar em períodos de entressafra, e envolve ainda a oportunidade social de uso dos recursos existentes nos empreendimentos, além da manutenção da fixação do homem no campo, aproveitamento da mão-de-obra local. (DURÃES., 2011).

LAMNET (2002) e BARCELOS et al., (2012), relatam que a utilização do sorgo sacarino como fonte primária para produção de etanol, já é de fato um componente dos biocombustíveis e se destaca em vários países como Índia, China, Austrália e África do Sul, como também a Comunidade Europeia. Está sendo trabalhada a utilização deste recurso vegetal no desenvolvimento de projetos de produção em alguns países como Grécia, Itália e Alemanha, de modo a atender exigências de redução no uso de combustíveis fósseis. Para os Estados Unidos é uma das apostas, pois, pode ser um substituto potencial do milho na obtenção de etanol, não havendo conflitos entre produção alimentícia e setor industrial.

DURÃES, MAY e PARRELLA., (2012); no que se refere ao emprego de insumos no setor sucroenergético já consolidado, uma das vantagens da inserção no sorgo como uma cultura que venha a diversificar o setor agregando a diminuição com insumos, uma vez que o ciclo mais precoce do sorgo em comparação a cana, os níveis de exigência nutricional entre tratos culturais que não são utilizados pelo sorgo.

Por parte dos órgãos governamentais e das parcerias público-privadas está ocorrendo um processo de conscientização, embora de forma acanhada, no período da entressafra da cana-de-açúcar. Em virtude do sorgo suprir nos períodos de estanqueidade da produção de etanol, como fonte de subprodutos na co geração de energia renovável, no tratamento de seus resíduos, inclusive nas áreas de reforma de canaviais, mostra-se mais competitivo se comparado a outras

culturas de mesma aptidão, evidenciando que é possível ser repensado o sistema que já é creditado por vários pesquisadores do país. (DURÃES; MAY e PARRELLA., 2012; FERREIRA., 2015).

Atualmente no Brasil, estima-se uma área com mais de 12.000 há de cultivos de sorgo sacarino, onde existem pesquisas de produção de um híbrido comercial com características agroindustriais vantajosas para esta cultura em comparação com a cana. (MAY et al., 2014).

O sorgo pode preencher a lacuna dos períodos em que não há movimentação de matéria prima nas usinas e destilarias, sendo seu cultivo uma maneira a empreender de forma sinérgica com a cultura da cana, e diminuir os custos de produção. Os índices produtivos situam-se entre 60 – 80 $t.ha^{-1}$ de biomassa verde, com rendimento entre 3.000 a 6.000 $L.ha^{-1}$ de etanol, respectivamente, e; ainda de (50 – 77 $L.\ ton^{-1}$) litros de etanol por tonelada de biomassa verde, que de certa forma, são atrativos para que possa haver uma estabilidade da produção em campo e na indústria, o que tem gerado uma procura pelas instituições de pesquisa sobre a da viabilidade técnica e econômica para sustentabilidade do setor sucroenergético (DURÃES., 2011).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1.Local da pesquisa

O experimento foi conduzido no Município de Vitoria de Santo Antão, Pernambuco, distando 51 km da capital Recife, região da Zona da Mata Sul do Nordeste do Brasil, na Estação Experimental Luiz Jorge da Gama Wanderley, pertencente ao Instituto Agronômico de Pernambuco-IPA, conforme pode ser observado na Figura 2. A estação está localizada na latitude 08º07'05" S, longitude 35º17'29" W Gr, com altitude média de 156 metros. O clima, de acordo com Koppen, é tropical chuvoso com verão seco As' (CPRM., 2005), a precipitação média anual de 1.390 mm, evapotranspiração potencial de 1.100 mm e temperatura média ambiental de 27,1 °C.

Figura 2. Mapa de Pernambuco, e Vitória de Santo Antão em destaque. (WIKIPEDIA., 2016)

Na tabela 3, pode ser observado os dados de precipitação, evapotranspiração, umidade relativa e de temperaturas, ocorridas no período experimental.

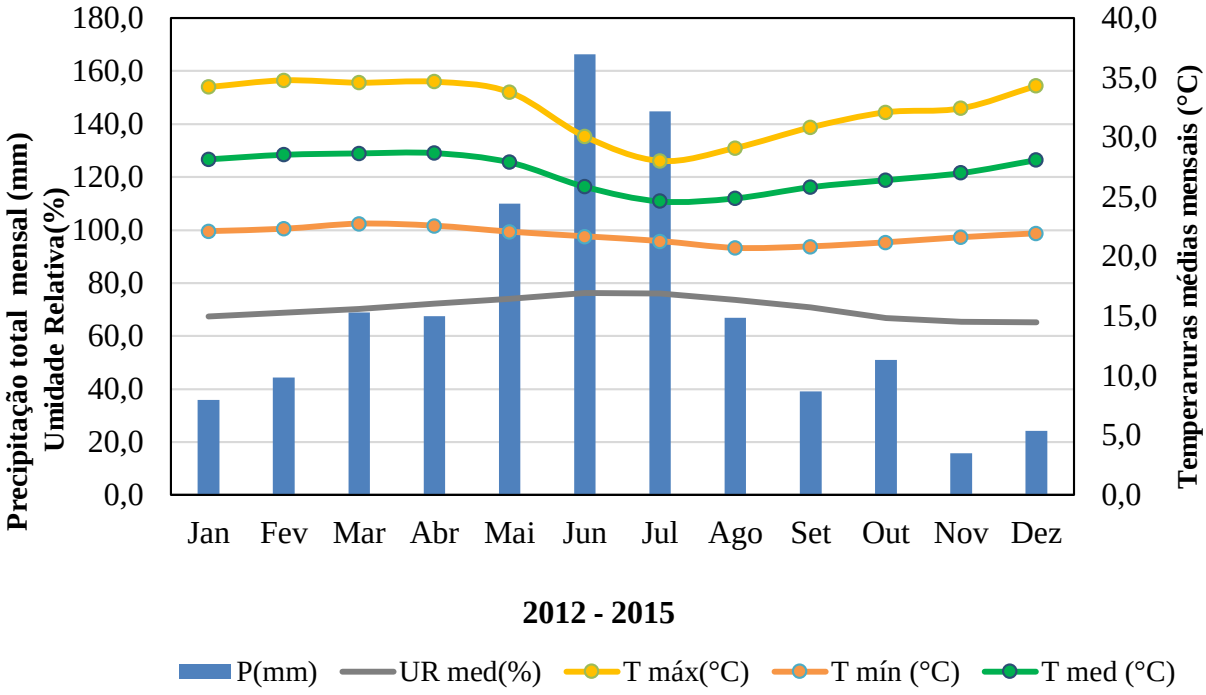
Tabela 3. Média dos dados meteorológicos da Estação Experimental do IPA, em Vitória de Santo Antão – PE, observados durante o período da avaliação das cultivares e progênies de sorgo, (agosto a dezembro de 2015).

	Meses					
	Ago	**Set**	**Out**	**Nov**	**Dez**	**Total**
Precipitação (mm)	42,3	8,7	20,7	6,7	0,0	78,4
ETP *Lin* (mm)	127,8	138,3	174,9	181,4	52,0	674,4
T max (°C)	30,0	32,3	32,7	35,2	36,6	
T mín (°C)	20,6	21,2	20,9	21,7	22,3	
T med (°C)	25,3	26,8	26,8	28,5	29,5	
U. Relativa do Ar (%)	69,2	65,7	62,1	61,6	56,6	

Fonte: Instituto Agronômico de Pernambuco – IPA (2015).

Na figura 3, pode se visualizar o histórico dos dados meteorológicos da estação experimental.

Figura 3. Histórico dos dados meteorológicos da Estação Experimental do IPA Vitória de Santo Antão, no período de 2012-2015



O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distrófico, na camada de 0-20 cm, segundo classificação da EMBRAPA., (2006). Foram retiradas 25 amostras simples e feitas duas amostras compostas para determinar os atributos físicos e químicos do solo (Tabela 3). Após o preparo das amostras, foi utilizado os resultados afim de caracterizar e de aplicar, caso necessário, corretivos e fertilizantes para necessidades da cultura (EMBRAPA., 2006; IPA., 2008).

3.2. Condução do experimento

Para determinação da condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes), de acordo com EMBRAPA., (2007), foram feitas amostragens de solo, e no centro das parcelas ocupadas pelas cultivares e progênies, sendo a 1ª amostragem realizada um dia antes da semeadura para todos cultivares e parcelas, a 2ª na fase de pré floração EC 1, e a 3ª na fase de grão

leitoso/pastoso EC 2, para cada um das 20 cultivares e progênies quando atingiram as referidas fases.

A água de irrigação foi coletada em recipiente de plástico apropriado, em uma pequena barragem de terra, nas proximidades da tomada d'água, de modo verificar a variação dos sais solúveis e condutividade elétrica. As amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Análise de Planta, Ração e Água (LAPRA), do Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA).

O manejo de irrigação adotado, seguiu modelos indiretos (equações) de estimativa da evapotranspiração de referência, pelo método de LINACRE., (1977), (Equação 1). E pelo boletim 56 da FAO (ALLEN et al.,1998). Foi adotado o coeficiente de cultivo para cultura do sorgo, e sendo assim estimado a evapotranspiração da cultura (ETc), pela (Equação 6).

$$ETo\ Lin = \frac{500*\left(\frac{TT_{med}+0{,}006*h}{100-\varphi}\right)+15*(T_{med}-Tpo)}{(80-T_{med})} \qquad (1)$$

Onde:

T_{med} -Temperatura média diária (° C)

h- altitude local (m);

φ -Latitude local em graus decimais e em módulo;

TPo- Temperatura do ponto de orvalho (º C),

Onde a TP_o é obtida pela equação:

$$TP_o = \left[\frac{116{,}91+\{237{,}3*Ln(ea)\}}{\{16{,}78-Ln(ea)\}}\right] \quad (2)$$

Onde: *ea*- Pressão atual de vapor- kPa, de onde vem;

$$ea = UR_{med} * es_{med}; \quad (3)$$

Em que:

UR $_{med}$- Umidade relativa média (decimal);

es_{med}- Pressão média de saturação de vapor- kPa;

Ln- Logaritmo Neperiano

Em que a Pressão média de saturação de vapor, parte de:

$$es = 0{,}6108 * e^{\left[\frac{(17{,}27 * T)}{(T + 237{,}3)}\right]} \quad (4)$$

Sendo que:

T- Temperatura máxima e mínima do ar em (°C),

Assim, fazendo a média da temperatura máxima com a mínima, é obtida a Pressão média de saturação de vapor- kPa.

Portanto:

$$es_{med} = \frac{(es_{max} + es_{min})}{2} \quad (5)$$

$$ETc = kc * ETo \quad (6)$$

ETc -Evapotranspiração da Cultura- $mm.dia^{-1}$

Kc-Coeficiente de Cultivo- adimensional

ETo-Evapotranspiração de Referencia- $mm.dia^{-1}$

Onde, a temperatura média diária foi obtida pelos dados da estação agrometeorológica local, como também a latitude, altitude; e a temperatura do ponto de orvalho calculada pela equação (2), e o coeficiente de cultivo adotado conforme (DOOREMBOS e PRUITT., 1977; LINACRE., 1977).

O método de irrigação utilizado foi o localizado do tipo micro aspersão, os com micro aspersores Amanco ™ (Figura 5 e 7). A pressão de trabalho escolhida foi de 2,1 $kgf.cm^{-2}$, (210 kPa), sendo pressão intermediária com uma vazão de 74,8 $L.h^{-1}$, (Figura 8) aferido com

manômetro glicerinado Classe B (Figura 6), e calibrado em uma bomba comparativa de precisão, (Figura 4).

O referido sistema de irrigação passou por um teste de uniformidade de distribuição e de pressão proposto por (KELLER e KARMELLI., 1975). Estando com uma uniformidade de distribuição de 96%, o que é considerado excelente (>84%), e uniformidade de pressão de 96,3%, ou seja, admitindo-se uma variação máxima recomendada de 10%, ficou dentro dos limites estabelecidos, segundo os autores.

Figura 4.Bomba comparativa de calibração de manômetro.

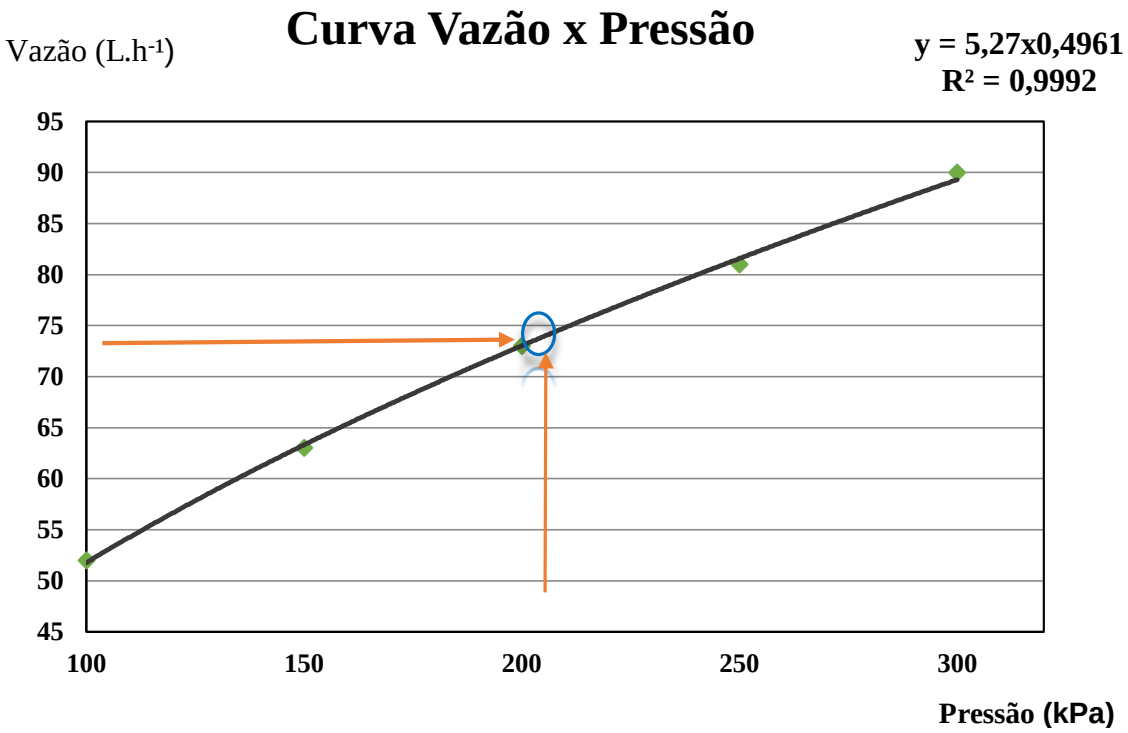
Figura 5. Micro aspersor e linha lateral.

Figura 6.Manômetro calibrado

Figura 7. Micro aspersor Amanco ™

Na figura 8, pode ser visto a curva característica do emissor.

Figura 8. Curva característica do Emissor pelo Fabricante Amanco ™.



Pressão de Serviço- 210 kPa = 2,1 kgf.cm^{-2} = 21,0 mca.

3.3. Características agronômicas das cultivares e das progênies

Os materiais utilizados no experimento são, em sua maioria, de aptidão forrageira e sacarina. Na tabela 4 encontram-se algumas características agronômicas, principalmente das cultivares.

As cultivares BRS são todos destinados para produção de etanol, devido a suas altas concentrações de ºBrix, e produção de colmo. Estas cultivares foram desenvolvidas pela Embrapa. A BRS 506 destaca-se como a cultivar mais cultivada e plantada no Brasil (EMBRAPA., 2012).

Tabela 4. Cultivares e Progênies de sorgo, cultivado em Vitória de Santo Antão-PE, 2015

Cultivares/Progênies	AMP (cm)	PMV (t ha^{-1})	ºBrix (%)	Aptidão	FL Nº Dias	Cultivar ou progênies
T 01 IPA SF-11	180 a 200	40 a 60	15 a 20	Forrageiro	95	Cultivar
T 02 IPA 8602600	--	---	---	Forrageiro	---	Cultivar
T03 T17-389-5-1 x IPA 1158	--	---	---	Forrageiro	---	Cultivar
T 04 IPA SF 25	--	---	---	Forrageiro	---	Cultivar
T 05 BRS 506	300 a 330	40 a 60	15 a 22	Sacarino	75 a 85	Cultivar
T 06 BRS 508	320	50 a 70	18 a 22,9	Sacarino	67 a 77	Cultivar
T 07 BRS 509	300	60 a 80	18	Sacarino	70 a 75	Cultivar
T 08 BRS 511	300	60 a 80	21,9	Sacarino	61 a 74	Cultivar
T 09 IPA 467-4-2	350	35 a 50	--	DP	90 a 96	Cultivar
T 10 T07 Ca92 04 Ca2000	--	---	---	DP	---	Cultivar
T 11 IPA SF15	250 a 350	40 a 60	--	DP	90 a 100	Cultivar
T 12 IPA 2502	180 a 200	20 a 30	15 a 20	DP	65	Cultivar
T 13 THEIS x IPA 2502	--	---	---	---	---	Progênies
T 14 BRS 506 x IPA 2502	--	---	---	---	---	Progênies
T 15 T17EPSF x 2502	--	---	---	---	---	Progênies
T 16 T17 EPSF x 2502 Br.	--	---	---	---	---	Progênies
T 17 IPA 2502 x IPA 1158	--	---	---	---	---	Progênies
T 18 IPA 1158 x IPA 2502	--	---	---	---	---	Progênies
T 19 IPA 2502 x IPA SF-15	--	---	---	---	---	Progênies
T 20 IPA 2502 x IPA 467-4-2	--	---	---	---	---	Progênies

Fontes (IPA e EMBRAPA) AMP. =altura média de plantas, PMV= produção de massa verde, ºBrix = teor de sólidos solúveis totais, FL= florescimento número de dias, DP= Duplo Propósito.

As cultivares de duplo propósito são destinados tanto para a produção de forragem como para a produção etanol. As progênies ainda não têm informações técnicas fixadas por não terem atigindo a estababilidade génetica.

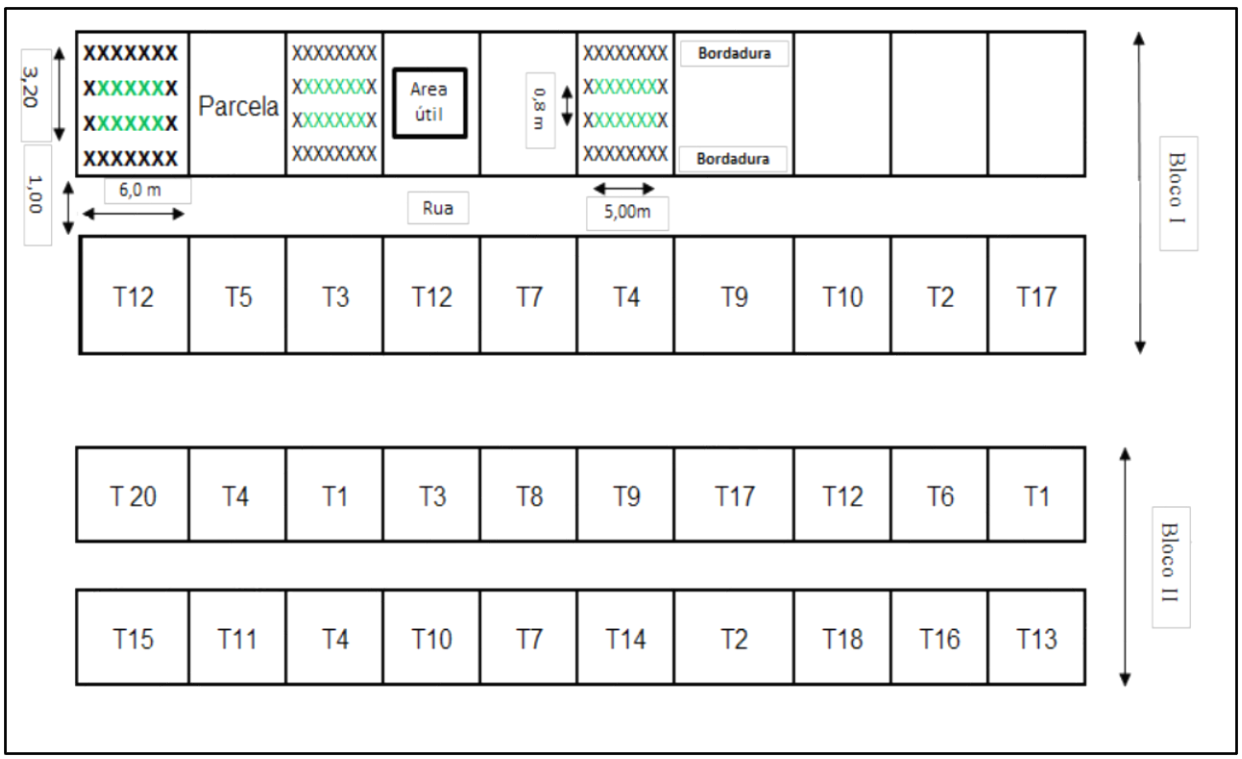
3.4. Delineamento Estatístico

O experimento foi composto por 20 genótipos (entre cultivares e progênies), de diferentes aptidões (Tabela 3), dentre variedades comerciais, progênies oriundas de cruzamentos.

Em campo, o delineamento experimental foi de Blocos Casualizados, constituídos pelas 20 cultivares e progênies de sorgo, com 3 repetições (blocos), totalizando 60 unidades experimentais (parcelas). A parcela foi formada por 4 fileiras de 6 metros de comprimento, espaçadas por 0,8 m. A área total de cada uma destas unidades são 4 fileiras x 6,0 m x 0,8m com um total de 19,20 m². A área útil de cada parcela corresponde a 2 fileiras centrais (desprezando-se 0,5m nas extremidades) de 5,0 m de comprimento, espaçadas por 0,8m, com um total de 8,0 m². (Figura 9). A população de plantas foi mantida em 15 plantas por metro linear, após o desbaste.

Cabe observar com na (Figura 9) o esboço do delineamento em campo.

Figura 9. Croqui do delineamento experimental dos genótipos de sorgo, Vitória de Santo Antão-PE 2015



3.5. Tratos Culturais

Inicialmente, foi realizada a limpeza da área, passando a roçadeira atrelada ao trator. Logo após realizou-se o preparo do solo de forma convencional, com uma aração e duas gradagens. Com base nos resultados da análise de solo (Tabela 5), não foi preciso fazer a correção do pH do solo. Foi realizada a aplicação de adubos na ocasião do plantio (fundação), sendo 66,7 kg.ha^{-1} de $CO(NH_2)_2$, 136,4 kg.ha^{-1} de $Ca(H_2PO_4)$:$2H_2O$, e 33,3 kg.ha^{-1} de KCl, e repetiu o processo 30 dias após a semeadura, a (adubação de cobertura), de forma a atender às necessidades da cultura do sorgo com 300 kg.ha^{-1} de $(NH_4)_2SO_4$. (IPA., 2008).

Na tabela 5, pode ser observado os resultados obtidos para análise química e física do solo da área experimental.

Tabela 5. Atributos Fisicos e Quimicos do Latossolo Vermelho Distrofico da área de estudo na Estação Experimental do IPA Vitória de Santo Antão, 2015

Atributos	**Valores**
Areia ($g.Kg^{-1}$)	710
Silte ($g.Kg^{-1}$)	100
Argila($g.Kg^{-1}$)	190
Densidade do Solo($g.cm^{-3}$)	1,65
Densidade de Partículas($g.cm^{-3}$)	2,57
Porosidade total (%)	35,8
Velocidade de Infiltração Básica ($cm.h^{-1}$)	3,68
pH(1:2,5)	6,7
K($cmol_c.dm^{-3}$)	0,36
Na($cmol_c.dm^{-3}$)	0,8
Ca($cmol_c.dm^{-3}$)	2,45
Mg($cmol_c.dm^{-3}$)	1,35
PST (%)	8,79
P($cmol_c.dm^{-3}$)	0,34
Al($cmol_c.dm^{-3}$)	0
H+Al($cmol_c.dm^{-3}$)	4,12
SB($cmol_c.dm^{-3}$)	5,0
CTC ef ($cmol_c.dm^{-3}$)	9,1
V (%)	55
m (%)	0

Demarcadas as áreas dos blocos e das parcelas, no dia 10 de agosto de 2015, no dia seguinte, foi realizada a semeadura das 20 cultivares e progênies, de forma manual, no leito de um sulco de 3 cm de profundidade, colocando-se de 20 a 30 sementes por metros linear. As sementes foram fornecidas pelo Instituto Agronômico de Pesquisa - IPA. Seguindo a rotina de trabalho da estação experimental, foi montado um sistema de irrigação por micro aspersão, também sendo aplicado na área herbicida à base de atrazina, na dosagem 200 ml diluído em 20 litros de água, aplicado em regime de pré-emergência. Foram realizadas capinas manuais da área a cada 15 dias e também um controle de formigas cortadeiras com a aplicação de formicida (MIREX®).

Houve ataque da praga da lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*) tendo sido realizado o controle químico com o inseticida (Engeo Pleno®), na dosagem recomendada pela cultura/ grau de infestação, tendo uma ação de contato, ingestão e sistêmica por parte das larvas.

Aos 15 dias após o plantio, foi realizado o desbaste das plantas, fazendo-se um replantio parcial em algumas parcelas, deixando-se apenas 15 plantas por metro linear. Com 30 dias após o plantio, foi realizada a primeira adubação de cobertura de acordo com as recomendações da análise de solo.

Nas figuras 10 e 11 encontram-se o registro de atividades de desbaste de sorgo e de adubação de cobertura.

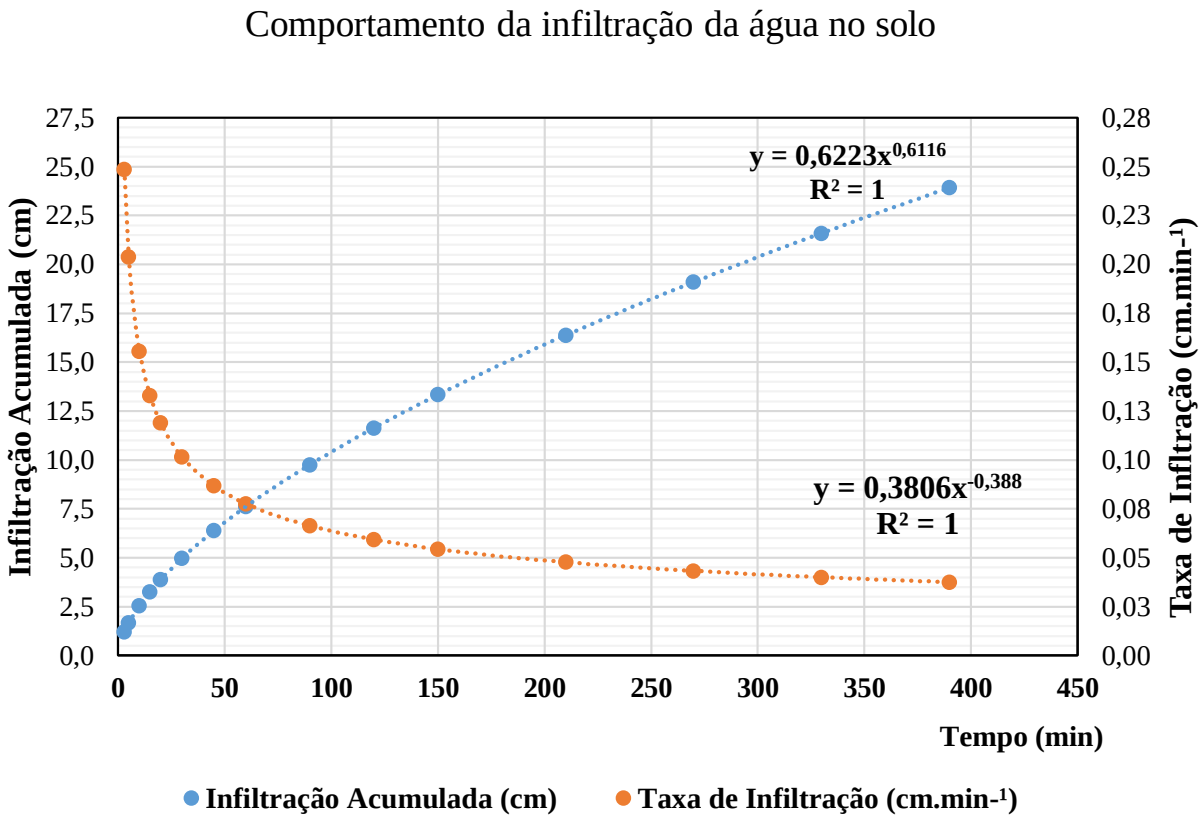
Figuras 10 e 11. Desbaste aos 15 DAS e adubação de cobertura aos 30 DAS.

Realizou-se um ensaio de infiltração (Tabela 5), (Figura 12) de água no solo para verificação da compatibilidade dos emissores (micro aspersores) com a velocidade de infiltração básica, de modo a garantir que o uso destes emissores não provocasse lixiviação de minerais ou escoamento superficial, o método adotado foi o de Kostiakov. (Pruski et al., 1997; Nunes et al., 2012).

Com a realização do ensaio de infiltração, foi possível observar a capacidade de o solo transmitir água, onde ficou caracterizado uma taxa de infiltração, ou velocidade de infiltração básica (VIB) de 3,68 $cm.h^{-1}$, estando esta taxa bastante superior em comparação à taxa de aplicação dos emissores que foi de 0,709 $cm.h^{-1}$ ou (7,09 $mm.h^{-1}$) do sistema de irrigação.

Na figura 12, é possível observar o comportamento da capacidade de transmissão de água do solo da área experimental.

Figura 12. Taxa de infiltração básica e infiltração acumulada do solo da área de estudo na Estação Experimental do IPA Vitória de Santo Antão, 2015



Esta taxa permite descrever a facilidade que este solo permite em transmitir água ao longo do seu perfil, viabilizando o sistema de irrigação adotado, além de permitir taxas de aplicação ainda maiores sem perigo de haver o escoamento superficial, com o intuito de poder planejar a conservação do solo da área de estudo.

3.6. Época de Colheita e Amostragens

A colheita foi realizada na fase de grão leitoso/pastoso, onde ocorre um rápido acúmulo de matéria seca e a translocação de nutrientes para a panícula, estádio fenológico EC2, sem que ocorra decréscimo dos sólidos solúveis, e o (°Brix), na fase EC3.

Na figura 13, pode ser observado um registro de sorgo na fase de pré-florescimento.

Figura 13. Sorgo na fase do pré-florescimento.

Na figura 14, pode ser visualizada a planta de sorgo na fase de grãos leitosos/pastosos.

Figura 14. Sorgo na fase de grão leitoso/ pastoso

As avaliações foram realizadas nas fases de pré- floração, para altura média de plantas e Floração em (Nº de Dias) e na fase de grão leitoso-pastoso as demais variáveis, observando uma homogeneidade em 50% das plantas para cada cultivar ou progênie especificamente, obedecendo assim o ciclo fenológico de cada tratamento.

Altura média de plantas na colheita (cm): Foi considerada a distância média, em centímetros, da base rente ao solo até a extremidade das panículas, em três plantas escolhidas aleatoriamente na área útil da parcela.

Número de dias até 50% da floração: Foi feita a contagem do número de dias do plantio até que a área útil apresentassem 50% de suas plantas na fase de floração, de modo a observar quais matérias são mais precoces ou tardios em relação ao ciclo comum da cultura do sorgo.

Produção de Biomassa Total: Foram pesadas, em campo, todas as plantas da área útil de cada parcela, e a partir deste dado, foram feitos cálculos para e estimativa da produção expressa em toneladas por hectare ($t.ha^{-1}$).

Produção de Colmo por Hectare: Pesou-se, em balança digital, uma amostra de 5 plantas da área útil de cada parcela. Após separação em (colmo, folha e panícula). Foi estipulando a porcentagem de cada parte em relação à amostra colhida. Partindo da porcentagem de peso verde dos colmos encontrados nesta amostra, estimou-se o peso em ($t.ha^{-1}$) de colmos, referente à produção de biomassa total de cada tratamento.

Produção de matéria seca total (folha, colmo e panícula): Foi pesado em balança digital, uma amostra de 5 plantas da área útil de cada parcela, separando cada parte (colmo, folha e panícula), colocando os mesmos em sacos de papel, procedendo o peso verde dos colmos, peso das folhas e peso das panículas. Logo após colocou-se este material para secar em estufa de circulação forçada a 65°C por 72 horas até atingir peso constante BOARETTO et al., (1999), obteve-se assim o peso seco, e estimou-se o peso em tonelada por hectare, referente a produção de biomassa total de cada genótipo.

Porcentagem de matéria seca total - O teor de matéria seca de cada parte, folha, colmo e panícula, foi determinado através da fórmula, para cada parcela:

$$\textbf{\% M.S. = [peso da amostra seca (g) / peso da amostra verde (g)] x 100} \quad (7)$$

Teor de °Brix – Determinado com refratômetro portátil (ATAGO NE -1B 0 ~ 32°), no terço médio, inferior e superior de três plantas de cada parcela.

Eficiência de Extração de Caldo – Foi pesado em balança digital, uma amostra de 10 colmos da área útil por parcela, fazendo a extração do caldo, mediante a passagem de, no mínimo três vezes, em uma moenda elétrica (modelo utilizado na extração de caldo de cana-de-açúcar). Foi realizada a pesagem do caldo em balança digital. A eficiência é encontrada mediante a relação do peso dos 10 colmos e o peso do caldo obtido, e o valor é expresso em porcentagem.

Etanol Teórico ($L.ha^{-1}$) – Para avaliar a produtividade teórica de etanol por hectare utilizou-se a equação proposta por ZHAO., (2009) e adaptada por (VASILAKOGLOU et al., 2011).

$$\textbf{Etanol } (L.ha^{-1}) = \textbf{ART (\%) * PCH. } (t.ha^{-1}) * 6{,}5 * 0{,}85 * \left(\frac{1{,}0}{0{,}79}\right) \quad (8)$$

Em que:

ATR = Conteúdo total de açúcares em percentagem (%);
PCH= Produção de Colmos por Hectare ($t.ha^{-1}$)
6,5 = fator de conversão do etanol a partir do açúcar;
0,85 = eficiência do processo de fermentação;
(1,0/0,79) = gravidade específica do álcool.

De forma análoga, o Etanol Teórico unitário, foi obtido contabilizado pela mesma equação (8) proposta por VASILAKOGLOU., et al (2011), retirando o termo massa verde de colmo, sido substituído por 1, ou seja [uma unidade de tonelada (t)].

Eficiência no Uso de Água: Foi feita mediante a relação entre a produção de matéria seca total (M.S. Total), pela quantidade de água aplicada da irrigação somada à precipitação pluvial em (mm). (SILVA et al., 2013b; DONATO et al .,2013).

$$\text{EUA} = \frac{M.Seca\ Total}{\text{ETc}} \text{ x } 0{,}1^{*} \quad (9)$$

Onde:

EUA - eficiência de utilização da água, kg $ha^{-1}mm^{-1}$ ou em $kg.m^{-3}$

MST – Produção de matéria seca total, kg ha^{-1}

ETc - consumo hídrico total, mm

Também pode ser expressa de outra forma de acordo com HANKS et al., (1983); TABOSA et al., (1987) e LIMA., (2013).

Admite-se a densidade da água ser igual a $1g.cm^{-3}$ ou $1t.m^{-3}$.

Se: $1m^{-3}$ ou 1000 kg ---------- 4,18 $kg.MS^{-1}$ ∴ $X = \frac{1000\ kg.H_2O}{4{,}18\ kg.MS^{-1}}$

X----------1,0 $kg.MS^{-1}$

X= 239 $kg.H_2O.kg.MS^{-1}$

Logo:

$$EUA = \frac{\text{kg H}_2\text{O}}{\text{kg.MS}^{-1}} \quad (10)$$

***** Fator de conversão em $kg.ha^{-1}.mm^{-1}$ em $kg.m^{-3}$

3.7. Análises estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANAVA) e as médias comparadas pelo teste de agrupamento de médias de (Scott-Knott) a 5% de probabilidade ($p<0,05$). Utilizou-se o programa SASM – Agri 8.2 CANTERI et al., (2001), considerando um delineamento em blocos casualizados para todas as variáveis avaliadas. Os parâmetros produtivos e tecnológicos, assim como as estimativas de correlações entre pares de caracteres, foram avaliados com a utilização do programa computacional genético – estatístico GENES (CRUZ., 2006).

Foram realizadas as análises de variância, determinados os parâmetros produtivos e feitas as estimativas de correlação para todas as variáveis em estudo: Altura Média de Plantas (AMP), Floração em (Nº de Dias), Produção de Matéria Verde Total (PMV), Produção de Colmos por Hectare (PCH), Percentual de Matéria Seca (%M.S), Produção de Matéria Seca Total (M.S Total), Brix na Colheita (°BRIX), Açúcares Redutores Totais (ART), Eficiência de Extração de Caldo (EEC), Etanol Teórico (ET), e Etanol Teórico unitário (ETu), Condutividade Elétrica do Extrato de Saturação (CEes) e Concentração do Sódio (Na) e do Potássio(K) no extrato saturado.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resumos das análises de variância para produção de matéria verde total (PMV), matéria seca total (M.S.Total), porcentagem de matéria seca (%MS), produção de colmo (PCH), Floração (Nº Dias), Brix na colheita (°BRIX), Açúcares Redutores Totais (ART), Eficiência de Extração de Caldo (EEC), Etanol Teórico unitário (ETu) e Etanol Teórico (ET) são apresentados nas Tabelas 6 e 7.

A Tabela 6, referente aos parâmetros produtivos, PMV, PCH, %MS, M.S.Total, AMP e Floração, e da Tabela 7, referente a º Brix, ART, ET, ETu, e EEC. Observou-se efeito significativo ($p<0,05$) pelo teste F para os genótipos, logo, foi realizado o teste de agrupamento de médias de (Scott-Knott); ($p<0,05$).

Na Tabela 6, observando a variável produção de matéria verde (PMV), a média de produção foi de 44,4 $t.ha^{-1}$, e as cultivares e progênies de médias semelhantes foram reunidas em 4 grupos, onde no primeiro grupo, o tratamento 11 compreendido a cultivar IPA SF-15 se

destacou com uma maior produção de 80,0 t.ha^{-1}, no segundo grupo, o tratamento 3 a cultivar T17 389-5-1 x IPA 1158, com uma produção média de 66,0 t.ha^{-1}.

Tabela 6. Médias das variáveis: Produção de matéria verde total (PMV), Produção de Colmo por Hectare (PCH) % Matéria Seca (%M.S), Matéria Seca Total (M.S.Total), Altura Média de Plantas (AMP), Floração (Nº Dias), de 20 Cultivares e Progênies de Sorgo. Vitória de Santo Antão – PE, 2015

	PMV	PCH	M.S	M.S.Total	AMP	Floração
Cultivares/ Progênies	**(t.ha^{-1})**	**(t.ha^{-1})**	**(%)**	**(t.ha^{-1})**	**(cm)**	**(Nº Dias)**
IPA SF-11	44,5 c	35,9 d	36,4 b	16,6 c	345 b	86 c
IPA 8602600	27,9 d	15,3 f	30,4 b	8,7 d	175 g	63 f
T17-389-5-1 x IPA 1158	66,0 b	54,0 b	46,9 a	30,9 a	375 a	90 b
IPA SF 25	46,5 c	34,7 d	39,8 a	18,6 c	358 b	86 c
BRS 506	44,3 c	32,5 d	29,4 b	13,1 d	248 e	69 d
BRS 508	54,0 c	44,8 c	45,6 a	24,4 b	293 d	90 b
BRS 509	42,5 c	34,4 d	41,2 a	17,4 c	291 d	89 b
BRS 511	45,5 c	37,9 d	43,3 a	19,7 c	259 e	92 a
IPA 467-4-2	47,7 c	33,0 d	35,5 b	17,2 c	323 c	70 d
T07 Ca92 04 Ca2000	52,8 c	38,5 d	39,5 a	20,9 c	352 b	86 c
IPA SF-15	80,0 a	65,8 a	40,4 a	33,1 a	372 a	87 c
IPA 2502	39,9 c	17,7 f	30,3 b	11,9 d	210 f	70 d
THEIS x 2502	24,1 d	14,6 f	28,3 b	6,8 d	245 e	51 g
BRS 506 x IPA 2502	29,9 d	20,4 e	34,4 b	10,3 d	252 e	62 f
T17 EPSF x IPA 2502	45,9 c	29,7 d	34,7 b	15,8 c	271 d	67 e
T17 EPSF x IPA 2502 Br.	35,7 d	22,4 e	36,4 b	13,0 d	252 e	67 e
IPA 2502 x IPA 1158	35,7 d	21,2 e	40,0 a	14,2 d	246 e	67 e
IPA 1158 x IPA 2502	44,2 c	27,4 e	40,6 a	18,0 c	325 c	66 e
IPA 2502 x IPA SF-15	38,5 c	25,0 e	40,4 a	15,4 c	278 d	66 e
IPA 2502 x IPA 467-4-2	41,5 c	25,5 e	42,1 a	17,5 c	220 f	62 f
MÉDIA	44,4	31,5	37,7	17,2	285	83
C.V(%)	13,9	14,7	15,4	23,2	5,0	1,5

Médias com mesma letra minúscula, na vertical, pertencem ao mesmo agrupamento, de acordo com o teste de Scott-Knott, (p<0,05).

Estes foram seguidos por mais 2 grupos, com média de 38,1 t.ha^{-1} para o terceiro grupo, onde dos 13 tratamentos 9 são cultivares comerciais e 4 são progênies em fase de teste, com destaque do grupo os tratamento 6 e 9, a BRS 508 (54 t.ha^{-1}) e IPA 467-4-2 (47,7 t.ha^{-1}), respectivamente. O último grupo, obteve o pior desempenho, com uma produção média de 30,6 t.ha^{-1} onde a progênie THEIS x IPA 2502, apresentou valores absolutos abaixo da média do grupo, com uma produção de 24,1 t.ha^{-1}.

Trabalhos feitos por LIMA et al., (2010); com 12 cultivares de sorgo sacarino no Vale do Rio Assú RN, mostraram uma produção de matéria verde total da cultivar IPA SF-15 de 60,7 t.ha^{-1}, inferior à produção desta cultivar no presente experimento (Tabela 6). Por outro lado, a produção encontrada no presente experimento foi inferior àquela no Vale do Rio Assú, para as cultivares IPA 467-4-2; IPA 2502 e BRS 506 que apresentaram 52,9; 46,3 e 58,2 t.ha^{-1}. Naquele mesmo trabalho (LIMA et al., 2010); em termos percentuais, foram observados maiores valores de sólidos solúveis (ºBrix) no caldo para as cultivares IPA 467-4-2; IPA 2502 e BRS 506, com 15,5, 14,5 e 21,0% respectivamente, exceto a IPA SF-15 que foi de 11,0% (Tabela 6 e 7).

Vale salientar que estas diferenças de produtividade superior em 10% para as cultivares citadas, apesar de serem próximas, devem-se ao fato de ambientes distintos do Vale do Rio Assú e de Vitória de Santo Antão, terem fatores edafoclimáticos atuando, como: características químicas do solo, distribuição de precipitações, temperaturas diurnas e noturnas, entre outros

.No que refere à produção de matéria verde, o mesmo experimento com relação à variável produção de matéria verde, foi superior a todos os genótipos, sendo o mais produtivo comparado ao trabalho realizado por TABOSA et al., (2011), o SF-25, com 38,1 t. ha^{-1}, 18% inferior, para altura apenas 2 foram superiores sendo IPA 8602600 e IPA 2502, com 196mm ambos, uma vez que estes materiais tem uma maior adaptação em regiões semiáridas, enfatizando o primeiro, que pode ser comprovado pela sua produção de matéria seca 7,8 t.ha^{-1}, sendo inferior em 10%.

Corrobora esta última variável trabalho feito por NAGAI., (2012), verificando a produtividade de biomassa de sorgo na Zona da Mata Norte de Pernambuco que entre os 20 genótipos, 5 em comum, onde foi superior em todos os materiais, a maior diferença de altura foi para o BRS 506 174 cm, (Tabela 6), ficando em 28,4% abaixo, e ter sido o cultivo em regime de sequeiro, apesar de a cultura sobressair em condições de estresse hídrico e salino, uma uniformidade na frequência de aplicação de água, pode se obter ganhos produtivos atrativos para região.

A aplicação da tecnologia adequada, como a irrigação permite que a cultura expresse o seu potencial produtivo, e ainda que em regime de sequeiro, como aponta trabalhos feitos por LIMA et al., (1999) e DUTRA et al., (2013); é possível observar que a produção é interessante, haja vista a tolerância que a cultura possui em completar seu ciclo com pouca disponibilidade hídrica.

Quanto a produção de colmo por hectare (PCH), observando os dados da Tabela 6, a média desta variável foi de [31,5 t.ha^{-1}], foi reunida em seis grupos de médias, dos quais o

primeiro grupo destaca-se o tratamento 11, sendo a cultivar IPA SF-15, com uma produção de 65,8 t.ha^{-1}, no segundo grupo o tratamento 3, a T 17 389-5-1 x IPA 1158, com 54,0 t.ha^{-1}, no terceiro grupo o tratamento 6, a BRS 508 com 44,8 t.ha^{-1}, no quarto grupo com destaque os tratamentos 10, 8 e 1 sendo as cultivares T07 Ca92 04 Ca2000, BRS 511 e IPA SF-11, com 38,5; 37,9 e 35,9 t.ha^{-1}, respectivamente.

No quinto grupo 6 progênies, destacando se os tratamentos 16 e 20, sendo a T17 EPSF x IPA 2502 Branca e a IPA 2502 x IPA 467-4-2 com 29,7 e 25,5 t.ha^{-1}, respectivamente. E no 6 grupo, a cultivar IPA 2502, e a progênie THEIS x IPA 2502, com 17,7 e 14,6 t.ha^{-1}, nesta ordem. O que chama atenção neste último grupo é de que a cultivar IPA 2502 participa como parental masculino ou feminino das progênies estudadas e sua produção média de colmo do seu grupo é um pouco abaixo dos materiais que as descendem.

Na variável percentual de matéria seca das cultivares e progênies do presente, (%M.S), (Tabela 5), permite verificar que para esta variável a média foi de 37,7%. Houve apenas dois grupos de médias, como ênfase o primeiro grupo os tratamentos 3, 7 e 8 sendo as cultivares T 17 389-51 x IPA 1158; BRS 508 e BRS 511, com 46,9; 45,6 e 43,3% nesta ordem e no segundo grupo como destaque os materiais como menores percentuais o tratamento 5 e 13, a cultivar BRS 506 e a progênie THEIS x IPA 2502 com 28,3 e 29,4 %.

A produção de matéria seca total, (M.S. Total), em média foi de [17,2 t.ha^{-1}], dividido em quatro grupos de médias, onde no primeiro grupo destaca-se os tratamentos 11 e 3, sendo as cultivares IPA SF-15 e T 17 389-5-1 x IPA 1158, com 33,9 e 30,1 t.ha^{-1}. No segundo grupo apenas o tratamento 7, sendo a cultivar BRS 508 com 24,4 t.ha^{-1}. No terceiro grupo ressalta os tratamentos 8 e 10 sendo as cultivares BRS 511 e T07 Ca92 04 Ca2000, cada uma com 19,7 e 20,9 t.ha^{-1} (Tabela 6).

Trabalhando com produção de biomassa e eficiência no uso de água em função do estádio de colheita em dois ambientes do Agreste semiárido de Pernambuco, no período 2008/2009, TABOSA et al., (2010) observaram produção de matéria seca de 10,1; 8,1 e 6,9 t.ha^{-1}, para as cultivares SF-25; IPA 1158 e IPA 2502, valores inferiores aos observados no presente trabalho (Tabela 6). Em termos de matéria verde, estes genótipos apresentaram valores de 25,0; 17,4 e 20,3 t.ha^{-1} respectivamente, sendo inferiores as deste trabalho, (Tabela 6); duas das três cultivares, participaram do presente estudo, exceto a IPA 1158, na qual aparece como parental masculino ou feminino para 3 progênies e 1 cultivar, na qual mostra grande contribuição em potencialidade destes materiais de serem cultivados em regime de pleno suprimento hídrico, em expressar ótimos índices produtivos de matéria seca total.

BARROS., (2015), estudando a produção de biomassa e a contribuição de fixação de nitrogênio em três regiões de Pernambuco, utilizou 14 genótipos de sorgo em comum com os 20 genótipos do presente estudo e observou que, para a variável matéria seca, a progênie IPA 2502 x IPA 467-4-2, em todos os ambientes daquele estudo, foi superior em 18,8 e 59,4 % para Itambé e Goiana, com 14,2 e 8,3 $t.ha^{-1}$, respectivamente. Entretanto, somente no município de Itambé a progênie T 17 EPSF x IPA 2502 foi superior a deste estudo em 4,24 % , ou seja, 16,5 $t.ha^{-1}$, ainda a cultivar IPA 8602600, foi inferior a deste trabalho em maior parte, ficando acima somente no ambiente Caruaru 6,4 $t.ha^{-1}$, que teve os piores índices pluviométricos [P 485 (mm)] e o pH do solo (4,6) sendo o mais ácido, muito embora se destaca em Serra Talhada, com 22,1 $t.ha^{-1}$, o que para aquela região é uma ótimo índice, face as irregularidades de precipitação e servindo como fonte de volumoso para os rebanhos.

Comparando-se estudo feito por NEVES et al., (2014), trabalhando na região do agreste semiárido de Pernambuco, avaliando características agronômicas de cultivares de sorgo para produção de silagem, dentre as 5 cultivares trabalhadas, 3 coincidem com a deste experimento; sendo a IPA 2502, IPA SF-15 e BRS 506, na variável produção de matéria verde, foi obtido valores abaixo da média [44,4 $t.ha^{-1}$] para esta variável das 3 cultivares sendo 33,7; 38,4 e 38,7 $t.ha^{-1}$, respectivamente, da mesma forma foi para variável matéria seca total seguiu a mesma tendência sendo em mesma ordem 9,5; 11,3 e 11,1 $t.ha^{-1}$ de matéria seca para as cultivares citadas.

A altura média de plantas (AMP), é uma característica controlada por genes que atuam de forma independente e aditiva, que serve como uma característica para classificação dos tipos das cultivares (forrageiro, duplo proposito, granífero e sacarino), MAY et al., (2013); MAGALHÃES et al., (2014). Nesta variável, a média da altura das plantas foi de [285 cm], dividida em sete grupos de médias.

No primeiro grupo os tratamentos 3 e 11, representado pelas cultivares T 17 389-5-1 x IPA 1158, com 375 cm e a cultivar IPA SF-15 com 372 cm; o segundo grupo composto pelos tratamentos 10, 4 e 1, correspondendo as cultivares de aptidão forrageira, T 07 Ca 92 04 Ca 2000; IPA SF-25 e IPA SF-11 variando de [358 – 352 cm] (Tabela 6). No terceiro grupo apenas o tratamento 9 a IPA 467-4-2 com 323 com, e no último grupo apenas o tratamento 2 a cultivar IPA 8602600, com uma altura de 175 cm.

Resultados encontrados por PERAZZO et al., (2014), avaliando cultivares de sorgo sob eficiência no uso da chuva na mesorregião do agreste paraibano, foram bastante inferiores para as cultivares IPA SF-15, IPA 2502 e IPA 467-4-2, com altura de plantas de 186; 153 e 167 cm

nesta ordem, o que pode estar relacionado, o fato de o suprimento hídrico da cultura ter sido comprometido pela ausência de chuvas no estádio de crescimento EC 1.

LIRA et al., (1988), testando também diversos materiais em diferentes regiões agroecológicas de Pernambuco, observaram que as cultivares IPA 2502, IPA 467-4-2 e SF-25 já se mostravam estáveis, no aspecto produtivo, sendo considerada a altura média de plantas e a maturação tardia um componente que permite predizer a potencialidade de produção de biomassa no sorgo; o que pôde ser também evidenciado por LIMA et al., (1999), estudando a produção de matéria seca e eficiência no uso de água, em 20 linhagens de sorgo sob condições de estresse.

A floração é uma característica que os vegetais apresentam quando recebem um estimulo ambiental. No caso do sorgo, maior parte das cultivares comerciais foram melhoradas para não florescer em dias com menos de 12 horas e 20 minutos, entretanto, uma característica que atua no florescimento com relação ao fotoperíodo é a latitude e a estação do ano, o que muitas destas cultivares, apresentam uma alta produção de biomassa (PARRELLA., 2014).

Quanto ao florescimento da cultura (Nº de Dias), a média foi de [83 dias], sendo distribuída em sete grupos de médias, em ordem inversa, o grupo bastante precoce, foi último, representado pelo tratamento 13, sendo a progênie THEIS x IPA 2502, florescendo aos 51 dias, no sexto grupo, os tratamentos 14; 20 e 2, das quais, 2 progênies BRS 506 x IPA 2502 e IPA 2502 x IPA 467-4-2 florescido aos 62 dias para ambas, e a cultivar IPA 8602600 florescido aos 63 dias.

O quinto grupo ficou os tratamentos 5; 9 e 12, as cultivares BRS 506; IPA 467-4-2 e IPA 2502 florescido entre [69-70 dias] (Tabela 6), divergindo dos resultados encontrados por OLIVEIRA., (2014), estimando parâmetros genéticos de sorgo sacarino em geração F6, na Zona da Mata de Pernambuco, e mesmo local do presente estudo, diferido em 73; 72 e 81 dias respectivamente, o que pode ter sido mais tardio, sobretudo a cultivar BRS 506, devido à época de semeadura do sorgo que havia ocorrido no mês de fevereiro, no qual o referido material foi melhorado em ambientes de maiores latitudes, o que para época de cultivo não ocorrera estimulo ambiental. O grupo mais tardio foi o tratamento 8 sendo a cultivar BRS 511 florescido aos 92 dias.

SIMÕES et al., (2010), objetivando avaliar a produtividade de 25 genótipos de sorgo forrageiro em diferentes regiões do estado de Minas Gerais, dos quais 2 cultivares selecionadas em Pernambuco, considerou como bastante produtivos, no aspecto de produção de matéria verde, o genótipo IPA 2502, foi superior nos ambientes Nova Porteirinha e Uberlândia, com

56,2 $t.ha^{-1}$ e 74,2 $t.ha^{-1}$ sendo em 29,0 e 53,7% superior ao presente estudo, o que pode ser evidenciado por média correlação entre o florescimento que é induzido pelo fotoperíodo curto e a produção de matéria verde, o que neste caso foi de (r=0,43) (Tabela 11); demonstrando indícios de que regiões de maiores latitudes em determinada época do ano podem influenciar de maneira positiva o florescimento precoce materiais de origem tropical.

Ensaio realizado por TABOSA et al., (2011), trabalhando com estimativa de parâmetros genéticos e variáveis de produção de 12 genótipos de sorgo forrageiro no semiárido de Pernambuco e Alagoas, para a variável floração em sete genótipos comuns foram próximas, apenas a IPA 467-4-2, foi mais precoce em 7 florescendo com 77 dias (Tabela 6), o que para a região semiárida, merece importância, face a período crítico de necessidade hídrica da cultura, em se tratando de regime hídrico de sequeiro, o que pode comprometer a fase de enchimento de grãos, e consequentemente a prática da silagem para alimentação animal.

COSTA et al., (2015), trabalhando em cultivo de vazante na região semiárida, corrobora os dados deste trabalho uma vez que a produção de matéria verde e de matéria seca das cultivares IPA 2502, IPA 467-4-2 e SF-25 foram baixas. No experimento conduzido por COSTA et al (2015) a floração do genótipo IPA 2502 ocorreu aos 89 dias, sendo 19 dias mais tardia do que no presente experimento (Tabela 6), ou seja, se mostrou precoce quanto ao seu florescimento, enfático a importância deste material para região semiárida, ter um florescimento precoce, uma vez que a precocidade é imprescindível em regiões secas, haja vista que esse tempo associado a irregularidades de chuvas compromete a aplicação de seu uso na alimentação de ruminantes e realização de silagem.

Analisando a Tabela 7, é possível observar que, a variável Brix na colheita, (º BRIX), foi distribuída em 4 grupos, com uma média de [13,4º], ficou no primeiro grupo, os tratamentos; 7, 6 e 8, sendo as cultivares BRS 509, BRS 508 e BRS 511, com 20,7; 19,8 e 19, 4º nessa ordem. O segundo grupo os tratamentos 5, 1 e 11 sendo as cultivares BRS 506, IPA SF-11e IPA SF 15 com 16,6; 16,0 e 14,6 º respectivamente. No terceiro grupo, oito tratamentos, ficando apenas 2 tratamentos, nos quais, os tratamentos 20 e o 13 com 13,2 e 12, 5º. No último grupo, o pior desempenho foi para o tratamento 17 a progênie IPA 2502 x IPA 1158, com 7,6 º.

Os demais genótipos permaneceram abaixo da média desta variável, o que embora possa parecer baixo, para quantificar o etanol teórico é apenas contabilizado pelos açúcares redutores totais, e a produção de biomassa.

Tabela 7. Médias das variáveis: Teor de Sólidos Solúveis na Colheita (°BRIX), Açúcares Redutores Totais (ATR), Etanol Teórico (E.T), Etanol Teórico unitário (E.Tu) e Eficiência na Extração de Caldo (EEC), de 20 cultivares e progênies de Sorgo, Vitória de Santo Antão-PE 2015

	° BRIX	**ATR**	**E.T**	**E.Tu**	**E.E.C**
Cultivares/ Progênies	**(%)**	**(g.100ml^{-1})**	**(L.ha^{-1})**	**(L.t^{-1})**	**(%)**
IPA SF-11	16,0 b	12,6 b	3188,1 c	87,9 b	5,9 b
IPA 8602600	9,6 d	7,4 d	779,1 e	51,6 d	15,4 a
T17-389-5-1 x IPA 1158	15,5 b	12,2 b	4604,1 a	85,4 b	18,2 a
IPA SF 25	15,0 b	11,8 b	2859,0 c	82,5 b	3,7 b
BRS 506	16,6 b	13,1 b	2975,6 c	91,6 b	20,8 a
BRS 508	19,8 a	15,7 a	4901,9 a	109,7 a	16,9 a
BRS 509	20,7 a	16,4 a	3956,9 b	114,9 a	11,5 b
BRS 511	19,4 a	15,3 a	4063,7 b	107,1 a	17,5 a
IPA 467-4-2	12,2 c	9,5 c	2213,9 d	66,7 c	13,4 a
T07 Ca92 04 Ca2000	11,9 c	9,3 c	2487,7 d	64,7 c	8,0 b
IPA SF-15	14,6 b	11,5 b	5284,2 a	80,1 b	8,8 b
IPA 2502	9,8 d	7,6 d	941,1 e	53,1 d	20,9 a
THEIS x 2502	12,5 c	9,8 c	1001,7 e	68,4 c	17,9 a
BRS 506 x IPA 2502	12,3 c	9,6 c	1367,7 e	67,0 c	11,3 b
T17 EPSF x IPA 2502	11,3 c	8,8 c	1836,6 d	61,5 c	17,9 a
T17 EPSF x IPA 2502 Br	8,3 d	6,3 d	983,2 e	44,3 d	9,9 b
IPA 2502 x IPA 1158	7,6 d	5,8 d	861,3 e	40,3 d	9,3 b
IPA 1158 x IPA 2502	10,8 c	8,4 c	1581,2 d	58,4 c	7,6 b
IPA 2502 x IPA SF-15	10,8 c	8,4 c	1475,9 e	58,7 c	6,2 b
IPA 2502 x IPA 467-4-2	13,2 c	10,3 c	1837,2 d	72,3 c	11,7 b
MÉDIA	13,4	10,5	2460,0	73,3	12,7
C.V(%)	14,0	14,5	19,9	14,5	36,4

Médias com mesma letra minúscula, na vertical, pertencem ao mesmo agrupamento, de acordo com o teste de Scott-Knott, (p<0,05).

Os açúcares redutores totais (ART), formaram 4 grupos, sendo o primeiro grupo os tratamentos 7, 6 e 8, (Tabela 7), variando entre [16,4 e 15,3 g.100ml^{-1}], no segundo grupo, os tratamentos 5, 1, 3, 4 e 11 variando entre [13,1 e 11,5 g.100ml^{-1}], neste grupo apenas as cultivares 5 e 1 atingiram os níveis que são considerados satisfatórios para produção de etanol, que fica em torno de 12,5%, conforme (SCHAFFERTT e PARRELLA., 2012).

O etanol teórico (E.T), foi reunido em 5 grupos, com uma média de [2.460 L.ha^{-1}], no primeiro grupo, os tratamentos 3, 6 e 11, com uma ótimo desempenho, variando entre [4.604,1-5.284,2 L.ha^{-1}] (Tabela 7). No segundo grupo, os tratamentos 7 e 8 com uma produção de [3.956,9 e 4.063,7 L.ha^{-1}] respectivamente. Já no terceiro grupo, os tratamentos 1, 4 e 5 oscilando entre [2.859,0 e 3.188,1 L.ha^{-1}], onde ainda neste grupo apenas o tratamento 1, a cultivar satisfaz as exigências agroindustriais na produção de etanol, conforme DURÃES., (2011), que varia entre [3.000 e 6000 L.ha^{-1}].

No último grupo, o pior desempenho, os tratamentos 2, 12, 13, 14, 16, 17 e o 19, com uma amplitude de [983,2 e 779,1 L.ha $^{-1}$], o que explica este desempenho é o fato de muitos destes materiais não terem atingido os níveis aceitos de açúcares totais recuperáveis e a produção de colmo ter sido baixa, como também no processo de extração do caldo haviam colmos isoporizados.

A produção de etanol teórico por unidade de tonelada (E.Tu), assemelha-se a variável anterior, que apontou 4 grupos, com média de [73,3 L.t^{-1}] sendo o primeiro grupo os tratamentos 6,7 e 8, variando entre [114,9 e 107,1 L.t^{-1}] (Tabela 7). O segundo grupo os tratamentos 1, 3, 4, 5, e 11; oscilando entre [91,6 e 80,1 L.t^{-1}]. O pior desempenho dentro do grupo 4, foram os tratamentos 16 e 17, sendo as progênies T 17 EPSF x IPA 2502 Branca e a IPA 2502 x IPA 1158, com 44,3 e 40,3 L.t^{-1}; haja vista que, foram os menores teores de º Brix, consequentemente baixos níveis de ATR, ficando abaixo dos padrões agroindustriais propostos por DURÃES., (2011), que menciona um volume entre [50 e 77 L.t^{-1}].

É importante escolher os materiais adequados para uma possível investida em cultivos de sorgo para produção de etanol, sabendo escolher o material que melhor expresse suas características morfo- agronômicas, associado a localidade, clima da região, o manejo da cultura, densidade de plantas, época de semeadura entre outras variáveis ambientais, que poderão definir o sucesso ou fracasso nos cultivos, pois nem sempre as cultivares que mais produzem em litros de etanol por unidade de tonelada, será o mais produtivo, de forma inversa também pode ocorrer; o que deve-se levar em consideração são os padrões mínimos exigidos para a finalidade agroindustrial e a adaptação dos matérias selecionados para região produtora.

A variável eficiência na extração de caldo, foi separada em apenas dois grupos, na qual a média em eficiência foi de [12,7%], considerando os tratamentos de uma forma geral a extração foi muito baixa, que é justificado pela moenda ser de cana-de-açúcar, e não havido regulagem para o sorgo, e também muitos materiais apresentarem como isoporizados na obtenção do caldo.

REDDY., (2005) e DUTRA et al., (2011) chamam a atenção da característica marcante da cultura do sorgo no que se refere à eficiência no uso de água, que comparada as duas culturas mais importantes na produção de etanol como a cana e o milho é capaz de produzir com apenas 1/3 e 1/2 da necessidade hídrica das duas culturas respectivamente, o que a torna apta e promissora na produção de etanol, com menor consumo hídrico em um tempo consideravelmente mais curto em comparação com a cana-de-açúcar.

NAGAI., (2012), em região fisiográfica semelhante ao presente experimento, trabalhando em regime de sequeiro com três diferentes épocas de colheita, observando-se apenas a fase de grão leitoso/pastoso, para a variável º Brix, as médias foram superiores a este trabalho para 5 genótipos em comum, sendo IPA 467-4-2, IPA SF-11, BRS 506, IPA SF-15 e IPA 2502, com exceção do IPA 467-4-2, que foi de 12,2°, sendo 22% superior, para esta mesma fase de avaliação.

Trabalho realizado por DUTRA et al., (2013), avaliando as cultivares IPA 467-4-2, BRS 506 e IPA SF-15, que foram comuns ao presente estudo, mostram que, são promissoras para produção de etanol, ainda mesmo que em regime de sequeiro, embora possa não haver índices produtivos satisfatórios que comparado aos cultivos irrigados, o que para produção de colmos, foi da ordem de em média de 43,7 $t.ha^{-1}$, sendo 74% inferior comparada com este trabalho. (Tabela 7).

Estudando o efeito de aplicação de vinhaça e torta de filtro em cultivo de sorgo visando biomassa e rendimento de caldo, em mesma localidade do presente, Lucena (2014), observou que quando aplicou vinhaça, obteve 46,7 $t.ha^{-1}$ de colmos e 3.778 $L.\ ha^{-1}$ de etanol, em contraponto, na aplicação de torta de filtro, foi de 49,5 $t.\ ha^{-1}$ de colmos e 4411 $L.\ ha^{-1}$ de etanol, com a cultivar SF-15, ficando abaixo do presente estudo, que também Oliveira (2014) estudando 80 genótipos, promissores na produção de etanol em geração F6 obteve também índices próximos para a cultivar SF- 15 que foi de 2480 $L.ha^{-1}$ (Tabelas 5 e 6).

Isso constata o estudo feito por Dutra et al., (2013), no qual, houve um pequeno incremento em produtividade, uma vez que foi conduzido com irrigações, desta forma, muito embora a técnica da irrigação possa haver incremento em produção, mas, somente se aplicada na época certa junta ao manejo e tratos culturais adequados. Pode-se constatar que dentre os trabalhos realizados, manejo da irrigação, tratos culturais associadas a época certa de plantio, são elementos primordiais que se aplicados corretamente, haverá sucesso nas lavouras de sorgo como no presente estudo, tornando-se uma cultura complementar a cana-de-açúcar com níveis satisfatórios nos processos agroindustriais, trazendo benefícios sócio econômicos.

Trabalhando com o genótipo CVSW80007, MASSON et al., (2015), observaram que, para produção de etanol, encontrou em conformidade com SCHAFFERT e Parrella., (2012), com níveis de 12,5% de ART, apenas 2 progênies se encontraram um pouco abaixo desta situação, todavia, as progênies THEIS x IPA 2502 e IPA 2502 x IPA 467-4-2, (Tabela 6 e 7), mostram-se promissoras por haver uma maior precocidade em 2/3 no período de floração para maior parte

dos genótipos em estudo, o que com o tempo elas podem atingir a estabilidade genética de produção expressando este caráter de precocidade, na qual a quantidade de insumos empregadas pode ser reduzida como economia de água e energia, mesmo preestabelecidos quanto a característica de níveis de ATR, o que pode ser compensado na produção de colmo.

MENGISTU et al., (2011), retratam que é possível produzir etanol em regiões de escassez hídrica, ou ainda, que diante da falta de recursos hídricos de qualidade inferior como águas salinas podem ser uma alternativa, tendo em vista que o sorgo não compete com os cultivos diretamente na alimentação humana, e que pode ser uma cultura mais limpa comparada a cana-de-açúcar, no sentido de que não necessita ser queimada, o que culturalmente ainda é recorrente esta prática; e também por possuir um menor ciclo, o que vem a contribuir de forma social e economicamente.

ALMODARES e HADI., (2009), descreveram que a produção de energia limpa de biocombustível, através do sorgo em ambientes secos, áridos e ainda que subúmidos, pode preencher uma lacuna a qual não pode ser feito pelos cultivos de cana-de-açúcar, face as suas limitações fisiológicas na demanda hídrica, bem como no estresse salino, promovendo assim uma diminuição dos gases de efeito estufa e também na importação de combustíveis derivados do petróleo como a gasolina.

MAKANDA et al., (2011) ressaltam a importância de produzir bioetanol como um dos biocombustíveis, que é fundamental no desenvolvimento de materiais de duplo propósito no sentido de haver incorporação de tecnologia frente a uso atual de combustíveis fósseis e alavancar na diversificação da produção em pequena escala, mesmo que seja pela agricultura familiar, havendo sempre a oferta de biocombustíveis, de modo a se mostrar competitivo em relação a um substituto gradual da gasolina e mantendo a estabilidade do preço nas bombas, o que não competiria com a produção de alimentos em maior proximidade do açúcar oriundo da cana-de-açúcar.

Embora possa ser cultivado por sementes, o que é uma vantagem, frente a cana-de-açúcar, a cultura do sorgo se insere como uma cultura "cosmopolita" conseguindo produzir mesmo em uma faixa de pH do solo de 5,0 a 8,5; o que representa um intervalo que poucas culturas conseguem se estabelecer e completar seu ciclo, muito embora possa tolerar solos compactados e ainda encharcados pelo seu sistema radicular bastante denso e fibroso (ALMODARES e HADI., 2009).

MASTRORILLI., (2009); VASILAKOGLOU et al., (2011), comprovam que mesmo em condições de irrigação com déficit hídrico utilizando água salina, é possível obter ótimas produções de etanol, o que para cultivos de outras espécies já estabelecidas e bem difundidas não possuem estas aptidões podendo assim ser uma vantagem com uma cultura que venha a ser produzida em ambiente degradado, com poucos recursos e ainda não necessitar abrir novas fronteiras agrícolas, o que contribui diretamente na redução do desmatamento.

VASILAKOGLOU et al., (2011), trabalhando na produção de sorgo sacarino no norte da Grécia, visando a produção de biocombustível com manejo de irrigação deficitária e em 2 níveis de condutividade elétrica da água, observou que para cultivar Urja para o mesmo nível de irrigação, embora com condutividade elétrica de 3,2 e 6,9 $dS.m^{-1}$, houve um decréscimo em mais de 50% na produção de biomassa e de etanol, quando aumentou a CE da água de irrigação, produzindo 97,3 $t.ha^{-1}$ e 7.620 $L.ha^{-1}$, contra 54,6 $t.ha^{-1}$ e 3.982 $L.ha^{-1}$, o que prova que é possível produzir etanol com recursos limitados, degradados, sem haver competição direta com outras culturas, inclusive de importância na alimentação humana e ainda aproveitar terras que consideradas marginais ou improdutivas, que seria no caso de inserção de outras culturas.

A qualificação de utilizar o sorgo como um fator complemento no sistema sucroenergético já aparelhado e difundido com a cana-de-açúcar, atuando como elemento-chave no processo produtivo, e em segunda safra como fator complemento aproveitando o domínio tecnológico existente, necessitando de ajustes pontuais, e concebendo expansão para outras microrregiões onde não é possível produzir com os mesmos recursos hídricos, edáficos e ambientais comparado aos da cana-de-açúcar. Distribuindo o setor de forma que aumente a oferta de etanol em diferentes regiões aproveitando resíduos para outros arranjos produtivos, evitando o êxodo rural, estabilidade do sistema como um todo, fortalecendo pequenos e médios produtores aquecendo a economia local promovendo o desenvolvimento sustentável.

Uma variável muito importante na produção agrícola seja irrigada ou não, é a Eficiência no Uso de Água, que caracteriza o aproveitamento dos recursos hídricos, na qual foi separada em 3 grupos, os tratamentos que se mostraram mais eficientes no primeiro grupo com ênfase (Figura 14 e Tabela 8) destacando-se os tratamento 11 e 3, correspondendo as cultivares IPA SF-15, e T 17 389-5-1 x IPA 1158, com (191 e 201 $kg.H_2O.kg.MS^{-1}$), em análise do estudo feito por TABOSA et al., (2011), onde neste estão 7 genótipos em comum estudo, 4 cultivares se mostraram mais eficientes como destaque a IPA 467-4-2, seguida de IPA SF-15, (Tabela 8), contra [335 e 349 $kg.H_2O.kg.MS^{-1}$], daquele, com elevada eficiência ao uso da água paralelamente ao elevado acúmulo de matéria seca.

Na tabela 8, observa-se as medias das variáveis eficiência no uso de água e floração das cultivares e progênies.

Tabela 8. Média das variáveis de Eficiência no Uso de Água (EUA), e Floração (Nº Dias) de 20 Cultivares e Progênies de Sorgo, Vitória de Santo Antão-PE 2015.

	EUA	**EUA**	**Floração**
Cultivares/ Progênies	**($kg.m^{-3}$)**	**($kgH_20.kgMS^{-1}$)**	**(Nº Dias)**
IPA SF-11	2,87 b	390 b	86 c
IPA 8602600	2,08 b	569 a	63 f
T17-389-5-1 x IPA 1158	5,23 a	191 c	90 b
IPA SF 25	3,15 b	323 c	86 c
BRS 506	2,93 b	357 b	69 d
BRS 508	4,22 a	239 c	90 b
BRS 509	3,02 b	336 c	89 b
BRS 511	3,23 b	316 c	92 a
IPA 467-4-2	5,00 a	220 c	70 d
T07 Ca92 04 Ca2000	3,53 b	286 c	86 c
IPA SF-15	5,43 a	201 c	87 c
IPA 2502	2,67 b	379 b	70 d
THEIS x 2502	1,99 b	509 a	51 g
BRS 506 x IPA 2502	2,46 b	416 b	62 f
T17 EPSF x IPA 2502	3,53 b	288 c	67 e
T17 EPSF x IPA 2502 Br	2,76 b	366 b	67 e
IPA 2502 x IPA 1158	3,02 b	333 c	67 e
IPA 1158 x IPA 2502	3,83 b	276 c	66 e
IPA 2502 x IPA SF-15	3,28 b	310 c	66 e
IPA 2502 x IPA 467-4-2	4,18 a	248 c	62 f
MÉDIA	3,42	328	83
C.V(%)	23,0	23,3	1,5

Médias com mesma letra minúscula, na vertical, pertencem ao mesmo agrupamento, de acordo com o teste de Scott-Knott, (p<0,05).

O segundo grupo participaram 5 tratamentos sendo os tratamentos 1; 5; 12; 14 e 16 (Tabela 8), (Figura14), sendo três cultivares IPA SF-11, BRS 506 e IPA 2502 e mais duas progênies, a BRS 506 x IPA 2502, e T 17 EPSF x IPA 2502 Branca variando de [357 à 390 $kg.H_2O.kg.MS^{-1}$]. No último grupo apenas dois tratamentos, o 2 e o 13, os quais, a cultivar IPA 8602600, e a progênie THEIS x IPA 2502, com uma baixíssima conversão de água em produção de matéria seca (Tabelas 6 e 8) e (Figura 14), utilizando [569 e 509 $kg.H_2O.kg.MS^{-1}$] respectivamente.

Observado o ensaio realizado por TABOSA et al., 2010, trabalhando no agreste semiárido de Pernambuco, avaliando a produção de biomassa e eficiência de uso de água do sorgo em dois estádios de colheita, observando apenas a fase de grão leitoso, na qual aproxima a época de colheita deste, valores menores para eficiência no uso de água foram encontrados para as

cultivares IPA 2502; IPA SF-25 e IPA 1158, com [196;165 e 175 kg.H_2O.kg.MS^{-1}], no ambiente 1, para as mesmas cultivares em ordem, no ambiente 2 foi de [289; 162 e 224 kg.H_2O.kg.MS^{-1}].

A última cultivar no presente trabalho, não está explicita como tratamento, muito embora faz parte de uma cultivar como parental feminino, e duas progênies sendo uma masculino e outra feminino, fato que chama atenção é que os tratamentos; 3 a cultivar T 17 389-5-1 x IPA 1158; os tratamentos 18, IPA 1158x IPA 2502 e 19, a IPA 2502x 1158, estão no mesmo grupo de médias com maior eficiência no uso de água, mostrando forte indício de contribuição no aumento da eficiência no uso de água, como consequência maior conversão em matéria seca e reduzido uso dos recursos hídricos empregados.

Em estudo feito por TABOSA et al., (2012), avaliando parâmetros genéticos e variáveis produtivas de sorgo forrageiro em Pernambuco e Alagoas, dos sete genótipos trabalhados, três se mostraram mais eficientes no uso de água sendo as cultivares IPA 467-4-2; BRS 506; IPA SF-15 e IPA 2502, com [335; 433; 349 e 457 kg.H_2O.kg.MS^{-1}], o que comparado a este trabalho gerou uma melhor conversão de matéria seca face ao uso da água variando entre 17,1 e 42,4%

Nos diferentes ambientes estudados por este autor se tratando de agreste semiárido, com solos de baixa fertilidade em alguns casos, pouco profundos a má distribuição da precipitação pluviométrica associada à elevada evapotranspiração, como fatores ambientais adversos, o que justifica este baixo desempenho para estas cultivares comparados a este realizado na zona da mata.

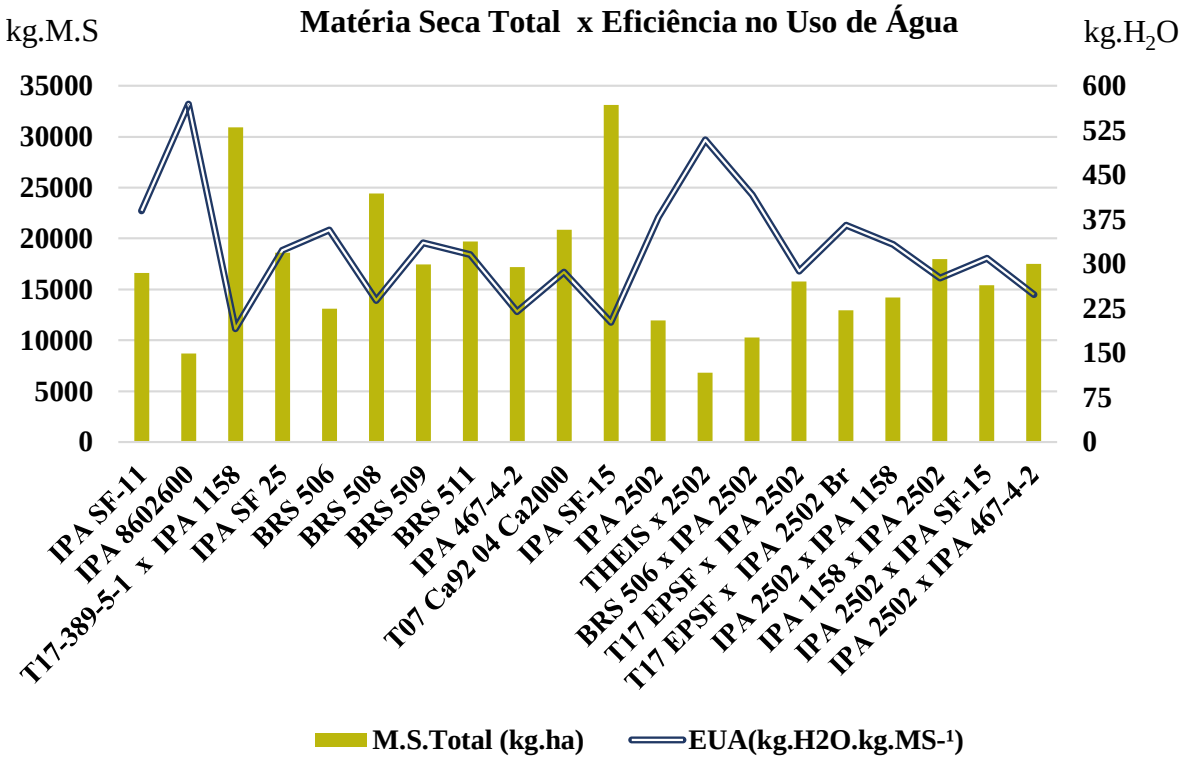
PERAZZO et al., (2013), avaliando cultivares de sorgo sob eficiência no uso da chuva na mesorregião do agreste paraibano, encontrou menores valores para o uso de água, isto é, mostrou se mais eficientes, no qual referido trabalhos das cinco cultivares, três estão em comum participação, sendo a IPA SF 15; IPA 2502 e IPA 467-4-2, com [106; 98,0 e 103 kg.H_2O. kg.MS^{-1}], comparado com os dados das (Tabelas 6 e 8).

Estas cultivares apresentaram se muito eficientes, exceto a IPA SF-15, onde foi observada uma alta conversão de matéria seca, ao baixo quantitativo de água utilizado, ficando próximos a deste, o que cabe frisar que tanto a IPA 2502 e a IPA 467-4-2, são cultivares selecionadas a bastante tempo em regiões como baixa disponibilidade hídrica, época da semeadura pré estabelecidas, elevada evapotranspiração, entre outras adversidades, embora de maneira proporcional ao produzido em matéria seca, mostra-se que a IPA SF-15 conseguiu responder bem comparado a esse estudo produzindo em mais de (⅓) a matéria seca total que para àquele foi de 10,8 t.ha^{-1} .

Isso pode ser evidenciado por TABOSA et al., (2004), quando submeteu três cultivares de sorgo à radiação gama, e em três níveis de salinidade, observaram que apenas a cultivar IPA 467-4-2, frente as outras cultivares apresentou uma taxa maior sobrevivência quando recebeu uma alta dosagem de radiação gama, associada a uma alta CE_{es}, de (26,9 dS.m-¹), e menor dano foliar, o que posteriormente passou esta característica de resistir a alta salinidade para gerações posteriores através das sementes, que incorporou essa resistência à salinidade, em se tratando de região semiárida e escassez hídrica o potencial hídrico no solo é reduzido, e o componente osmótico passa a ter influência sobre o desenvolvimento das plantas nessas condições.

A figura 15 ilustra relação entre a eficiência no uso de água com a produção de matéria seca total das 20 Cultivares e Progênies de Sorgo.

Figura 15. Relação da Eficiência no Uso de Água e da Produção de Matéria Seca Total (M.S. Total), das 20 Cultivares e Progênies de Sorgo, Vitória de Santo Antão-PE -2015



A qualificação desta cultura denota uma segurança no uso racional dos recursos ambientais, apresentando qualificações que permite o pleno desenvolvimento e expansão de cultivos, haja visto indicadores socioeconômicos mostrarem vantagens e benefícios na fixação do homem no campo, diversificação da agricultura, eficiência nos recursos hídricos e promovendo o aproveitamento de terras marginais ou que são limitadas para outras culturas,

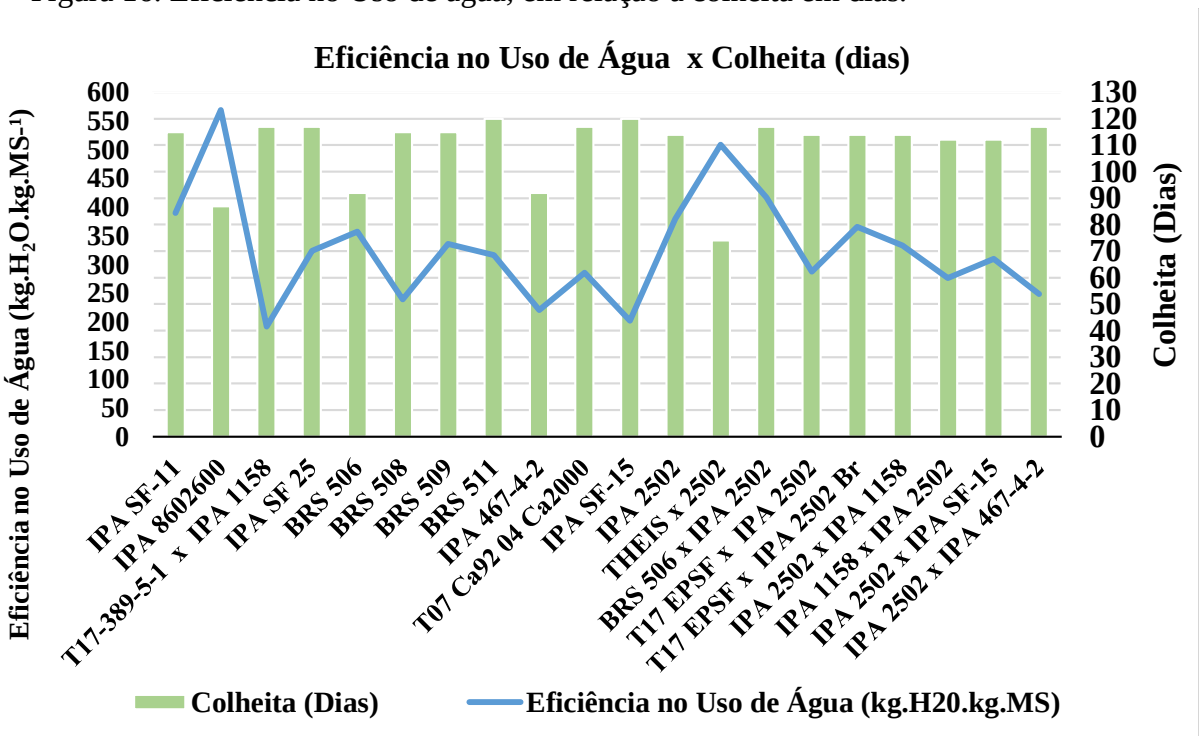
como também o fato de não competir com outras culturas de mesma natureza energética na produção de alimentos reforçando a economia das localidades envolvidas no âmbito da produção e agroindústria.

A eficiência no uso de água, apresentou uma média correlação com a matéria seca total [r=0,62], (Tabela 11), (Figura 15), o que descreve a habilidade da diferente composição genética dos indivíduos em produzir mais carboidratos consumindo menos água, associado a este fato, a precocidade no florescimento, o que pode ser entendido num menor consumo de água e o genótipo completar o ciclo mais precocemente, aumentando a eficácia dos insumos empregados no sistema de produção agrícola.

De forma análoga, a colheita em dias relacionada a eficiência no uso de água pelos indivíduos, demostra a viabilidade das cultivares e progênies ser inseridos nos sistemas produtivos locais, gerando condições necessárias para o domínio tecnológico a ser empregado.

Na figura 16, pode ser observado a relação da eficiência no uso de água das cultivares e progênies de sorgo, em função da colheita em dias.

Figura 16. Eficiência no Uso de água, em relação a colheita em dias.



As correlações entre as variáveis permite verificar o quão se aproxima ou se distancia uma variável de outra, ou seja, mostra correlações existentes entre as variáveis, se existe ou não e qual o grau de ocorrer com os dados observados. Neste caso abaixo está descrito as mais

importantes correlações e as variáveis estudadas das vinte cultivares e progênies de sorgo em Vitória de Santo Antão 2015.

A produção de matéria verde, apresentou correlação genotípica positiva de magnitude ($p<0,01$) com a produção de colmos por hectare (0,90-0,99) e positiva, com matéria seca total, (0,90-0,99) e positiva, e de magnitude forte com altura na colheita (0,60-0,90) e positiva (Tabela 12). Isto demonstra que neste primeiro grupo de variáveis de produção, apresentou uma ótima relação dos genótipos e de suas características morfológicas serem semelhantes como afirma VENKOVSKY e BARRIGA., (1992).

O teor de sólidos solúveis (Brix) apresentou correlação genotípica de magnitude média ($p<0,05$) e não significativa pelo teste t-Student, com os açucares totais recuperáveis (0,30-0,60), e positiva, e de magnitude média ($p<0,05$), (Tabela 13) com etanol teórico (0,30-0,60) e positiva, o que pode estar relacionado com os diferentes períodos de floração e maturação dos colmos bem como da sobreposição da área foliar diminuindo a translocação de açúcares para o colmo. (FLOSS., 2008; BORÉM et al., 2014).

O que muito embora para os açúcares totais recuperáveis apresentou magnitude forte ($p<0,01$) para etanol teórico unitário (0,99-1,00) perfeita e positiva, o que é evidenciado pela relação direta entre a transformação e quebra dos açúcares no processo de fermentação e destilação na usina como ilustram (ALMODARES e SEPAHI., 1996; DURÃES et al., 2012).

Na tabela 9 é possível observar os parâmetros físicos e químicos da água de irrigação, e partindo dos resultados foi feita a classificação da água de irrigação em conformidade com a RAS (RICHARDS., 1954; SUAREZ., 1981), ajustada (RAS°), e quanto ao risco de salinidade e de sodicidade por AYERS e WESTCOT., (1994), feita a relação entre a CE e a RAS°, obteve 4 classes de água de irrigação (Tabela 7; Figura 4).

RASº -Razão de Adsorção de Sódio

$$RAS^{o} = \left[\frac{Na}{\sqrt[2]{\frac{(Ca^{\circ}+Mg)}{2}}} \right] \quad (11)$$

Onde:

Na- Concentração de Sódio na água, em $mmol_c$. L^{-1}

Ca°- Concentração de Cálcio Corrigida pela relação HCO_3^-/Ca^{2+} em $mmol_c$. L^{-1}

Mg- Concentração de Magnésio na água, em $mmol_c$. L^{-1}

Na tabela 9, observa-se os parâmetros físicos e químicos da água de irrigação das cultivares e progênies de sorgo.

Tabela 9. Parâmetros da Análise de Água de Irrigação, com a classificação, Vitória de Santo Antão-PE, 2015

Parâmetros	**Data de Coleta**			
	13/05/2015	03/09/2015	28/10/2015	08/12/2015
Cor Aparente uH²	110,00	130,00	100,00	70,00
Turbidez uT	22,00	12,00	12,10	14,60
Condutividade Elétrica dS.m^{-1}	1,09	0,68	0,65	0,75
pH	8,20	7,20	7,90	7,40
Sólidos Totais Dissolvidos (mg.L^{-1})	632,00	382,00	412,00	259,00
Alcalinidade de Hidróxidos em $CaCO_3$ (mg.L^{-1})	0,00	0,00	0,00	0,00
Alcalinidade de Carbonatos em $CaCO_3$ mg.L^{-1})	0,00	0,00	0,00	0,00
Alcalinidade em Bicarbonatos em $CaCO_3$ (mg.L^{-1})	177,76	181,80	143,42	171,70
Alcalinidade Total em $CaCO_3$ (mg.L^{-1})	177,76	181,80	143,42	171,70
Dureza Total em $CaCO_3$ (mg.L^{-1})	84,28	90,16	103,88	117,60
Cálcio em Ca^{2+} (mg.L^{-1})	10,21	18,07	18,07	20,42
Magnésio em Mg^{2+} (mg.L^{-1})	14,29	10,96	14,29	16,20
Sódio em Na^{+} (mg.L^{-1})	450,00	100,00	107,00	130,00
Potássio em K^{+} (mg.L^{-1})	27,50	6,60	5,80	6,70
Cloreto em Cl^{-} (mg.L^{-1})	230,25	117,13	131,14	150,17
Sulfato em SO_4^{-2} (mg.L^{-1})	12,67	15,26	6,92	6,99
Ferro Total em Fe^{2+} (mg.L^{-1})	0,31	0,16	0,90	0,00
Classificação para Irrigação				
RAS° (Razão de Adsorção de Sódio)	30,16	6,48	6,46	7,38
Ayers e Westcot (1999)				
Classe	**$C_2S_3T_3$**	**$C_1S_2T_2$**	**$C_1S_2T_2$**	**$C_1C_2T_2$**

Fonte: LAPRA-IPA (2015)

O grau de restrição de uso da água de irrigação, relacionando a RASº com a CEa, mostra a viabilidade dessas águas classificadas para uso na agricultura, neste caso nas classes de água da (Tabela 9), todas têm um grau de restrição ligeiro a moderado, ou seja, é importante a presença de outros sais na solução do solo como carbonatos, bicarbonatos, sulfatos, entre outros elementos para que a CEa, se eleve a ponto de haver competição com o sódio e assim não chegar

a restrição severa de uso, o que inviabilizaria os cultivos, portanto, o desejável seria aumento da CEa, e simultaneamente diminuição da RASº (HOLANDA e AMORIM., 1997; SANTOS et al., 2016).

Ressalta-se que a adequação de uso das águas, ultrapassam muitas vezes as necessidades locais e que muitas vezes não se restringem o uso devido à escassez de águas mais adequadas para agricultura, na qual, esta qualidade está bastante de acordo com a época do ano, dependente da natureza geológica, quantidade de chuvas, tipo de aquífero e o curso normal das águas em relação ao tempo, local de contato, na qual tais condições determinam a qualidade de uso e possíveis graus de restrição. (MEDEIROS e GHEY., 1997; AMORIM et al., 2008).

A CEa, nas diferentes coletas não ultrapassou níveis críticos de dano foliar para cultura do sorgo que abrange de [1,0 a 2,0 $dS.m^{-1}$], logo, na aplicação da água de irrigação em contato foliar somente ocorreu no estádio EC1, isto é na fase inicial, visto que o sistema de irrigação foi por microaspersão, não havido o contato foliar prolongado que prejudicasse o pleno crescimento e desenvolvimento da cultura (MAAS., 1986; AYERS e WESTCOT., 1999; TRINDADE et al., 2006).

Na Tabela 10, observa-se o comportamento da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo, em 3 coletas distintas, sendo a primeira coleta realizada na data da semeadura, os valores médios de condutividade elétrica nesta coleta ficaram em torno de 1,44 $dS.m^{-1}$, foram distribuídos os valores da CE_{es} em 5 grupos, partindo dos maiores valores de condutividade elétrica para os menores valores, ou seja, os tratamentos mais afetados pelos sais de forma decrescente; o primeiro grupo corresponde a parcela do tratamento 16, no qual foi a progênie T17 EPSF x IPA 2502 Branca com 3,24 $dS.m^{-1}$, o segundo grupo com destaque as parcelas que correspondem os tratamentos 14, 15 e 11, BRS 506 x IPA 2502, T 17 EPSF x IPA 2502 e a IPA SF-15 com [2,53; 2,43 e 2,25 respectivamente.

O terceiro grupo as parcelas correspondentes aos tratamentos 3 e 4 as parcelas dos tratamentos T 17 389-5-1 x IPA 1158 e a IPA SF- 25 com 1,79 e 1,70 $dS.m^{-1}$, nesta ordem, o quarto grupo oscilou entre [0,95 e 1,30 $dS.m^{-1}$]. E no último grupo variou entre [0,56 e 0,81 $dS.m^{-1}$].

Na tabela 10, observa-se em 3 coletas, a condutividade elétrica do extrato de saturação das parcelas.

Tabela 10. Condutividade elétrica do extrato de saturação do solo em três coletas e leitura nas parcelas das 20 cultivares e progênies de sorgo - Vitória de Santo Antão-PE. 2015

	Média (dS.m-¹)		
Cultivares/ Progênies	**1ª Leitura**	**2ª Leitura**	**3ª Leitura**
IPA SF-11	0,57 e	1,16 c	2,56 a
IPA 8602600	1,17 d	1,27 b	2,24 b
T17-389-5-1 x IPA 1158	1,70 c	1,27 b	2,22 b
IPA SF 25	1,79 c	1,27 b	2,10 c
BRS 506	1,30 d	1,21 c	2,02 c
BRS 508	1,11 d	1,06 c	1,96 c
BRS 509	2,43 b	1,15 c	1,95 c
BRS 511	0,56 e	1,14 c	1,95 c
IPA 467-4-2	0,70 e	1,00 c	1,92 c
T07 Ca92 04 Ca2000	0,99 d	1,27 b	1,91 c
IPA SF-15	2,25 b	0,93 c	1,80 d
IPA 2502	1,08 d	1,40 b	1,78 d
THEIS x 2502	0,95 d	1,53 b	1,76 d
BRS 506 x IPA 2502	2,53 b	1,46 b	1,66 d
T17 EPSF x IPA 2502	2,43 b	1,80 a	1,65 d
T17 EPSF x IPA 2502 Br	3,24 a	2,00 a	1,62 d
IPA 2502 x IPA 1158	1,22 d	1,89 a	1,53 d
IPA 1158 x IPA 2502	0,81 e	1,94 a	1,44 e
IPA 2502 x IPA SF-15	0,63 e	1,34 b	1,29 e
IPA 2502 x IPA 467-4-2	1,25 d	1,22 c	1,18 e
C.V(%)	10,6	12,1	8,4
Média	1,44	1,40	1,88

Médias com mesma letra minúscula, na vertical, pertencem ao mesmo agrupamento, de acordo com o teste de Scott-Knott, (p<0,05).

Na segunda coleta, (Tabela 10), houve uma menor quantidade de grupos, haja visto que, esta foi realizada na fase do pre florescimento, para cada um dos tratamentos, onde na variação da CEes, seja para o acúmulo de sais ou decréscimo dos sais onde refletiu nos valores da CEes, foi devido a um maior período de exposição dos tratamentos à água de irrigação, e em função da textura do solo e declividade do terreno, proporcionou esta variação comparada à coleta anterior. Nesta coleta a média ficou em torno de [1,40 dS.m^{-1}], e foi dividida em 3 grupos, o primeiro grupo em destaque, corresponde os tratamentos 15 e 18, na qual as progênies T 17 EPSF x IPA 2502 Branca, e IPA 1158 x IPA 2502, [2,0 e 1,94 dS.m^{-1}], no segundo oito tratamentos oscilando entre [1,22 e 1,56 dS.m^{-1}], e no terceiro grupo, também oito tratamentos variando entre [0,93 e 1,22 dS.m^{-1},].

A terceira coleta foi realizada na fase de grão leitoso/pastoso, ou seja, na fase em que há um maior acumulo de foto assimilados e translocação para panícula, e também quando os

colmos apresentam maiores teores de sólidos solúveis no colmo, e por conveniência realizada a colheita das cultivares e progênies, ao atingirem a fase de grão leitoso/pastoso.

Foi separada em 5 grupos, os maiores ou menores valores de CEes também é atribuído ao tempo de exposição a água de irrigação, pois ao corte dos materiais, ficou a socaria do sorgo, e assim recebendo água para o próximo ciclo da cultura, quando ao repouso vegetativo ocorrer a rebrota. A média desta coleta ficou em torno de [1,88 $dS.m^{-1}$], o primeiro grupo a parcela referente aos tratamento 1 a cultivar IPA SF-11, com [2,56 $dS.m^{-1}$], o segundo grupo as parcelas dos tratamentos 2 e 3, representado pelas cultivares IPA 8602600 e T 17-389-5-1 x IPA 1158 com [2,22 e 2,24 $dS.m^{-1}$]. O último grupo as parcelas dos tratamentos 18, 19 e 20 nas quais as progênies IPA 1158 x IPA 2502; IPA 2502 x IPA SF-15 e IPA 2502 x IPA 467-4-2 [1,44; 1,29 e 1,18 $dS.m^{-1}$].

Isso demonstra o quanto as cultivares, e as progênies, respondem bem em condições edafoclimáticas distintas, mostrando que é possível produzir a cultura do sorgo em manejo irrigado ou sequeiro e ainda que com uso de efluente salino, como pode ilustrar trabalho realizado por GUIMARÃES et al., (2013) utilizando 3 genótipos onde observou à medida que aumentou as frações de lixiviação, houve incremento em altura.

Resultados encontrados por COELHO et al., (2012), mostraram-se diferentes, com uma queda percentual em altura de plantas variando o nível da CEa entre [2,5 e 5,0 $dS.m^{-1}$] em menos de 10% para altura média de plantas, no entanto para matéria seca, nos mesmos níveis de Condutividade Elétrica da Água o efeito redutor foi em torno de 22%, isso corrobora o efeito da água de irrigação neste não prejudicou o rendimento médio das cultivares e progênies de sorgo.

Com a aplicação de água na cultura, houve variações entre os níveis de CE_{es}, nas diferentes épocas, o que pode ser evidenciado por MONTENEGRO e MONTENEGRO., (2006), trabalhando com a variabilidade espacial de classes e textura, salinidade e condutividade hidráulica em solo aluvial, observou que em diferentes pontos de amostragem pode ocorrer, por influência da textura do solo aumento ou diminuição da $CE_{es,}$ naturalmente a variação da textura do solo, associada à lâmina de água aplicada, os sais presentes na solução podem ficar próximos à superfície ou lixiviar.(MEDEIROS e GHEY., 1997).

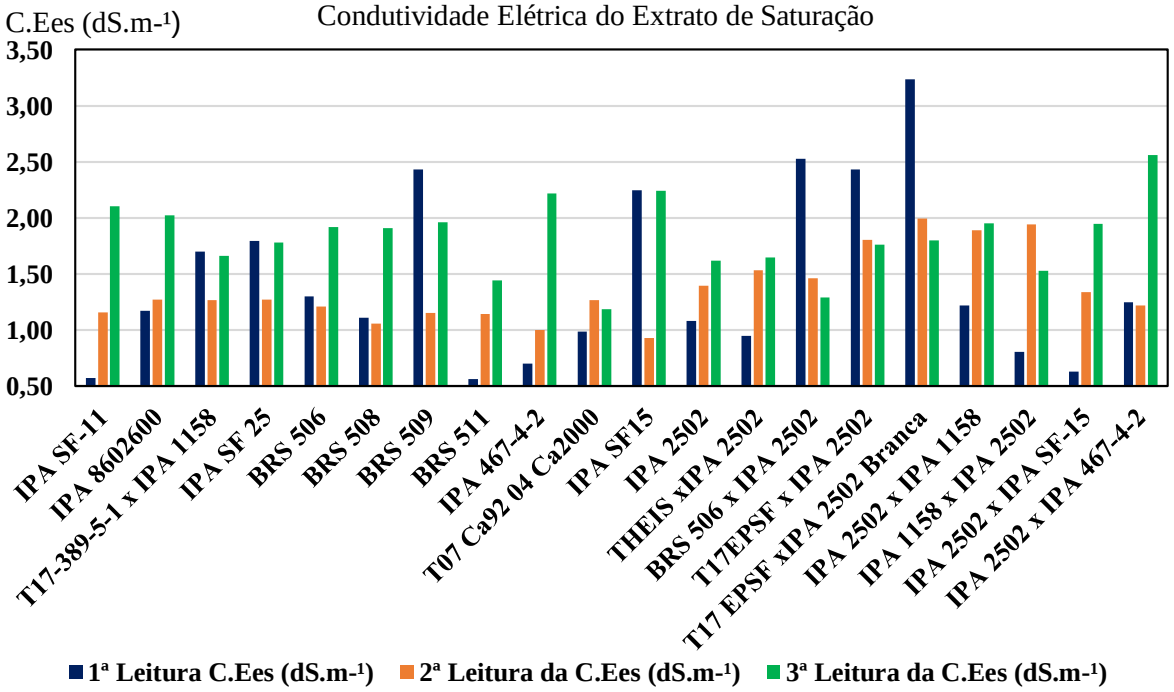
O que esta última pode ter sido facilitada pela alta VIB do solo (Tabela 5), que foi de 3,68 $cm.h^{-1}$ e pelas médias de precipitação do período estudado, não havendo portanto a acúmulo de sais solúveis na rizosfera por muito tempo.

A água de irrigação não afetou o pleno desenvolvimento da cultivares e progênies, visto que, na classificação da água no decorrer do trabalho, não chegou a causar nenhum dano que pôde ser visualizado mediante órgãos vegetativos como as folhas, entretanto, se ao longo do tempo houvesse estiagem prolongada por um maior período, permitindo-se a sequência das rebrotas e de renovação do cultivo e até mesmo com outras culturas, pode ocorrer o fenômeno da salinização do solo, que, de acordo com BATISTA et al., (2002), onde fazendo-se uma média da condutividade elétrica da água de irrigação, e sob hipótese de não chover, havendo apenas com a água nas classes (Tabela 8), haveria em média de 2 anos o comprometimento do solo, o que inviabilizaria o cultivo, apesar de não ter ultrapassado os limites de tolerância da cultura (Tabela 10), uma vez que suporta até 5,0 dS.m-¹, considerando perdas de 10% em produção, o que não veio a acontecer, (MAAS.,1986; AMORIM et al., 2008).

Observando a Condutividade elétrica do extrato de saturação, foi possível observar (Tabela 10 e Figura 17), que não houve estresse salino limiar para cultura, uma vez que a cultura do sorgo é considerada moderadamente tolerante MAAS.,(1986), por parte da água o que não inviabilizou o cultivo, nem muito menos houve toxicidade em nível foliar, na qual nesta parte da planta é mais sensível que o sistema radicular, onde a CE_{es} do solo.

A figura 17, observa-se os níveis da Condutividade Elétrica do extrato de saturação nas parcelas das 20 cultivares e progênies de sorgo.

Figura 17. Condutividade Elétrica do Extrato de Saturação do solo, em três leituras nas parcelas das cultivares e progênies de sorgo Vitória de Santo Antão-PE-2015



É interessante observar estas questões, uma vez que, a agricultura da zona da mata de Pernambuco é em grande parte representada pelos cultivos de cana-de-açúcar, embora, cabe frisar que na microrregião do município que desenvolveu o estudo, é uma importante produtora de hortaliças e olerícolas, as quais são mais sensíveis a salinidade do solo e da água de irrigação.

As variáveis níveis de sódio e de potássio nas três leituras realizadas semelhante as das CE_{es}, apresentaram em maior parte acumulação dos elementos no solo através da água de irrigação, em outras parcelas redução, devido possivelmente a composição da fração textural do solo, onde na primeira leitura para o Sódio, foi separado em três grupos de tratamentos, o primeiro grupo a parcela referente ao tratamento 11, correspondente a cultivar IPA SF-15, com [388,0 $mg.L^{-1}$], no segundo grupo 3 tratamentos variando entre [192,2 e 273,3 $mg.L^{-1}$], nas parcelas referente aos tratamentos 4,14 e 15, (Tabela 11, Figura 18).

Na tabela 11, demonstra os níveis dos íons Sódio e Potássio em 3 leituras distintas da solução do solo.

Tabela 11. Leituras dos níveis de Sódio e de Potássio na solução do solo, nas parcelas das 20 cultivares e progênies de sorgo em Vitória de Santo Antão 2015

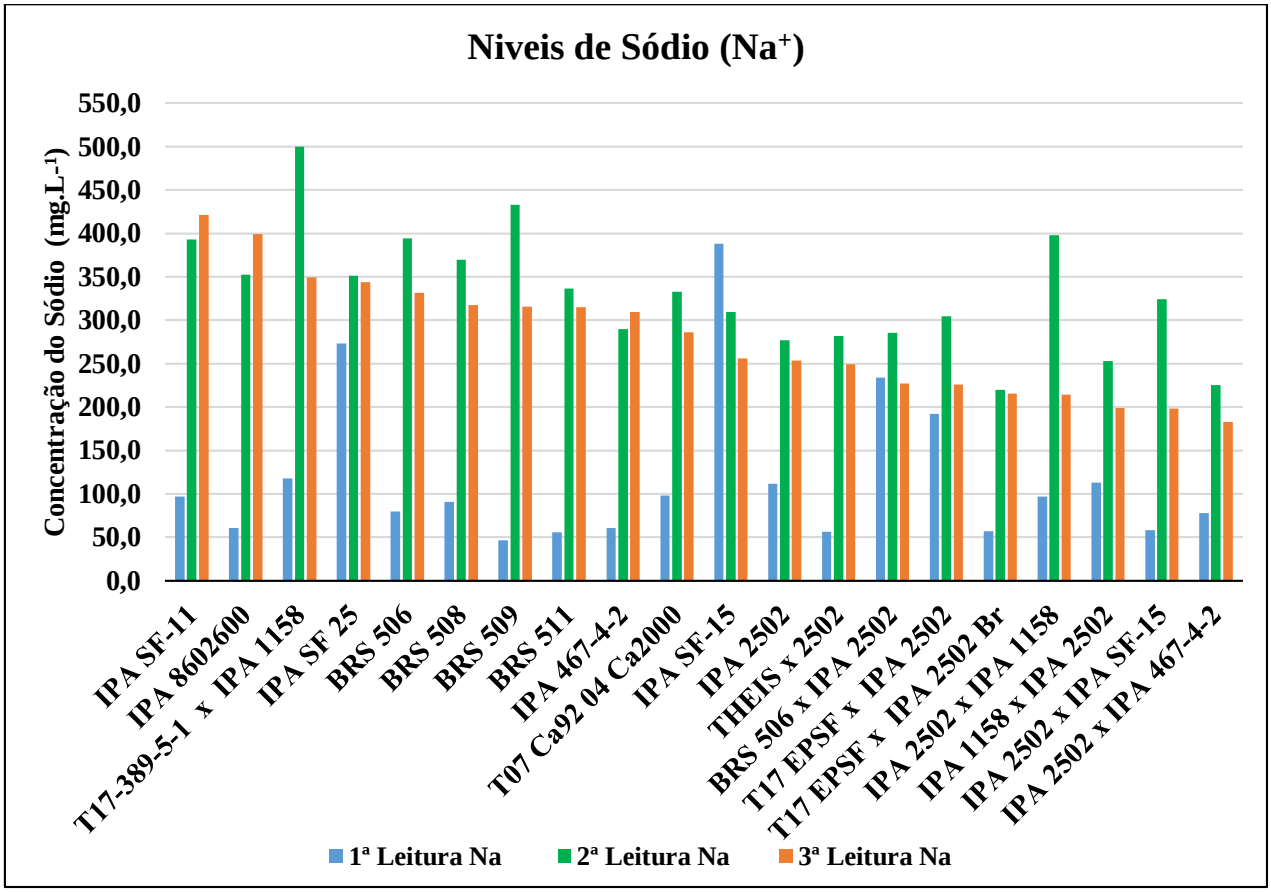
	1ª Leitura		2ª Leitura		3ª Leitura	
	Na^+	K^+	Na^+	K^+	Na^+	K^+
Cultivares/ Progênies	**(mg.L-¹)**		**(mg.L-¹)**		**(mg.L-¹)**	
IPA SF-11	97,2 c	42,0 d	393,1 c	36,0 c	421,4 a	54,5 b
IPA 8602600	60,7 c	96,7 b	352,3 c	29,7 c	399,3 a	28,3 c
T17-389-5-1 x IPA 1158	117,5 c	154,3 a	500,1 a	13,0 d	349,4 b	60,6 b
IPA SF 25	273,3 b	70,8 c	351,1 c	42,3 c	343,7 b	77,3 a
BRS 506	79,9 c	41,0 d	394,3 c	42,3 c	331,3 b	34,4 c
BRS 508	90,9 c	92,2 b	369,6 c	27,9 d	317,6 b	27,8 c
BRS 509	46,3 c	67,4 c	432,7 b	25,4 d	315,4 b	23,3 c
BRS 511	55,5 c	69,6 c	336,3 d	15,3 d	314,8 b	26,7 c
IPA 467-4-2	60,8 c	47,6 d	289,6 d	15,7 d	309,3 b	64,5 b
T07 Ca92 04 Ca2000	97,8 c	57,2 c	332,8 d	40,6 c	285,9 b	35,0 b
IPA SF-15	388,0 a	56,1 c	309,7 d	25,1 d	255,8 c	18,3 c
IPA 2502	111,7 c	54,4 c	277,1 d	10,1 d	253,6 c	70,7 b
THEIS x 2502	56,1 c	81,5 c	281,9 d	33,1 c	249,0 c	77,3 a
BRS 506 x IPA 2502	233,9 b	144,7 a	285,4 d	61,9 b	226,9 c	29,4 c
T17 EPSF x IPA 2502	192,2 b	30,7 d	304,6 d	62,4 b	225,8 c	68,4 b
T17 EPSF x IPA 2502 Br	56,7 c	83,2 c	219,8 e	96,4 a	215,6 d	74,0 a
IPA 2502 x IPA 1158	96,6 c	114,2 b	397,8 c	38,3 c	214,5 d	28,3 c
IPA 1158 x IPA 2502	112,9 c	79,8 c	252,9 e	48,1 c	198,6 d	56,2 b
IPA 2502 x IPA SF-15	58,5 c	17,2 d	323,9 d	41,2 c	198,0 d	86,8 a
IPA 2502 x IPA 467-4-2	78,1 c	62,3 c	225,1 e	56,7 b	182,7 d	87,4 a
MÉDIA	118,2	73,1	331,5	24,1	280,4	51,5
C.V(%)	33,1	23,0	11,1	38,1	9,3	16,6

Médias com mesma letra minúscula, na vertical, pertencem ao mesmo agrupamento, de acordo com o teste de Scott-Knott, (p<0,05).

No terceiro grupo os demais tratamentos do experimento com amplitude de [46,3 e 117,5], referente estes dados em destaque na amplitude as parcelas dos tratamentos 7 e 3 respectivamente representado pela cultivar BRS 508 e T17 389-5-1 x IPA 1158.

A figura 18, permite visualizar os níveis de sódio em 3 leituras realizadas do extrato de saturação.

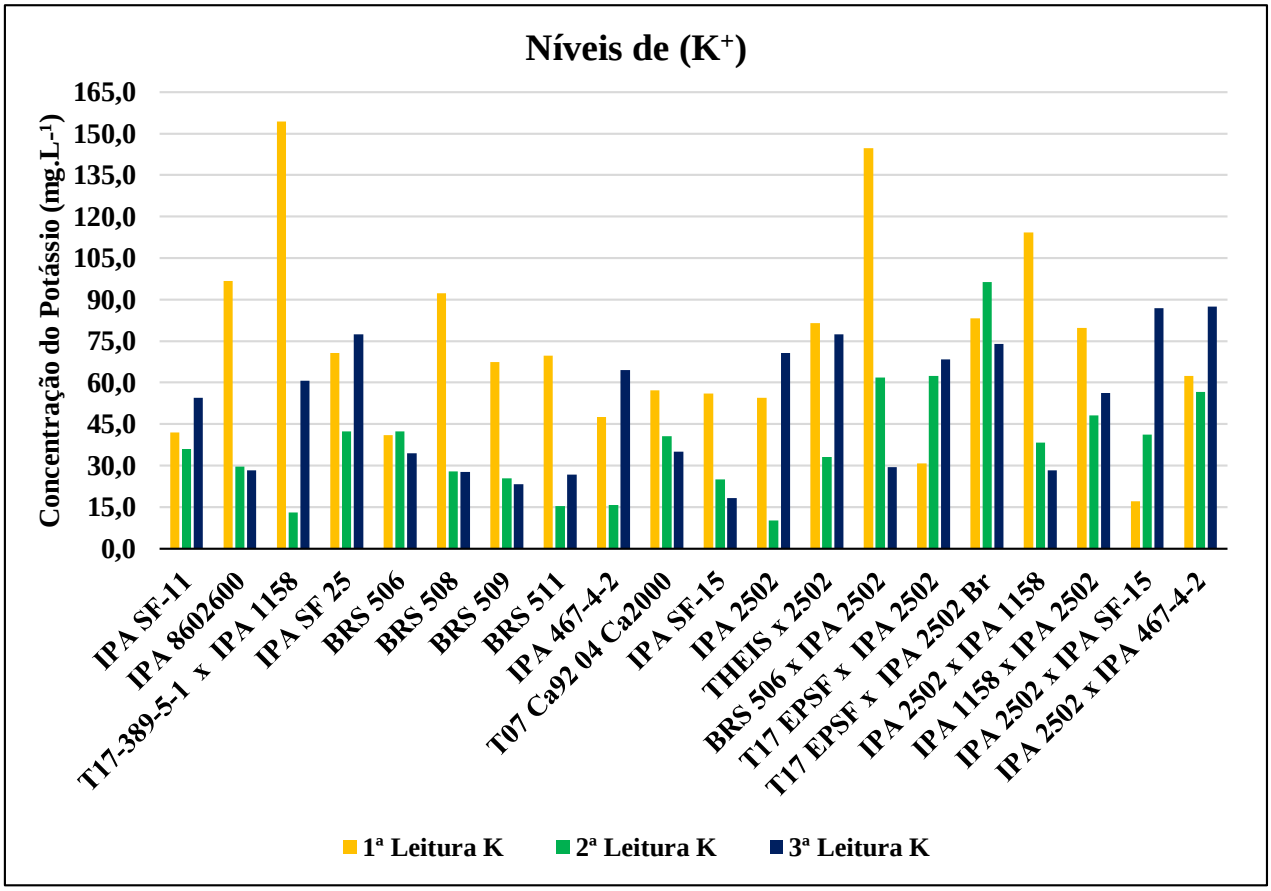
Figura 18. Níveis de Sódio do extrato de saturação da solução do solo em 3 leituras nas parcelas das 20 cultivares e progênies de sorgo em Vitória de Santo Antão 2015.



Para o Potássio na primeira leitura (Tabela 11, Figura 19), o primeiro grupo foi para a parcela da T17 389-5-1 x IPA 1158, e BRS 506 x IPA 2502, a primeira cultivar e a segunda uma progênie referente aos tratamentos 7 e 14 com [154,3 e 144,7 $mg.L^{-1}$]. O segundo grupo teve uma amplitude de [92,2 a 114,2 $mg.L^{-1}$]. No quarto e último grupo, a parcela referente ao tratamento 19, (Tabela 11, Figura 19), com destaque obteve menor concentração de potássio na solução do solo sido a progênie IPA 2502 x IPA SF-15 com 17,2 $mg.L^{-1}$.

A figura 19, permite visualizar os níveis de potássio em 3 leituras realizadas do extrato de saturação.

Figura 19. Níveis de Potássio do extrato de saturação da solução do solo em 3 leituras nas parcelas das 20 cultivares e progênies de sorgo em Vitória de Santo Antão 2015.



A segunda coleta foi realizada na fase do pré florescimento para cada uma das parcela, ou seja, apenas quando mais da metade das plantas da área útil da parcela atingiu o estádio fenológico EC2 (50%+ 1). No primeiro grupo da segunda leitura para o sódio, foi agrupado em 4 grupos, no primeiro grupo somente a parcela do tratamento 3 com 500,1 $mg.L^{-1}$, o segundo grupo o tratamento 7 com 432,7 $mg.L^{-1}$ e o quinto e último grupo o tratamento 20, com a menor concentração na solução com 225,1 $mg.L^{-1}$ (Tabela 11).

Seguido a mesma tendência para o potássio a segunda coleta, dividiu-se em quatro grupos, o primeiro a parcela do tratamento 16 com 96,4 $mg.L^{-1}$, o terceiro grupo oscilou entre [29,7e 48,1 $mg.L^{-1}$], representado por 9 parcela dos tratamentos.

A terceira e última coleta foi realizado no dia da colheita de cada uma das cultivares e progênies, ao atingirem a fase de grão leitoso/pastoso EC 3, na qual as leituras para a concentração do sódio foi separado em 4 grupos com destaque o primeiro grupo com 2

tratamentos sendo o 1 e o 2 com [421,4 e 399,3 $mg.L^{-1}$], e o quarto grupo 5 parcelas das progênies com amplitude de [182,7 a 215,5 $mg.L^{-1}$].

O potássio na terceira leitura foi dividido em três grupos, no primeiro grupo cinco tratamentos com destaque o 20, com 87,4 $mg.L^{-1}$. O terceiro grupo oito tratamentos com menores valores, salientando o que obteve menor concentração a parcela do tratamento 11 a IPA SF-15, obtido 18,3 $mg.L^{-1}$.

No âmbito da salinidade, não só apenas os níveis de CE_{es} são importantes, mas, os níveis de sódio e de potássio no extrato saturado se fazem presentes, uma vez que ficam acumulados no solo, e principalmente o elemento sódio que é considerado apenas como benéfico em algumas culturas, não exercendo o critério de essencialidade como o potássio, mas que atuam na solução do solo co existindo no complexo sortivo. (AQUINO et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2009; FREIRE et al., 2014).

O Incremento dos níveis de sais no solo como o sódio e o potássio, é devido fato de ocorrer dissolução dos minerais no solo, e principalmente o sódio, por este competir no complexo de troca devido seu raio de hidratação, com relação a outros cátions ser grande, o que contribui no aumento dos seus níveis. (Lacerda et al 2006; ALMEIDA e FRESCHKORN., 2015)

O excesso de sódio na solução do solo, permite descrever que no futuro próximo, pode ocorrer competição entre íons e consequentemente a inibição deste, de modo que, acontece também a redução no acúmulo de biomassa, devido a adaptação ao estresse salino como a osmoregulação, na manutenção da integridade das membranas das células; fato que pode ser atenuado devido a capacidade do solo em transmitir água, onde a irrigação ou precipitação pode lixiviar parte destes sais acumulados.(WILLADINO e CÂMARA., 2004; FEIJÃO et al., 2008; SCHOSSLER et al., 2012; COELHO et al., 2014).

SANTANA et al., 2007 Avaliando efeito da salinidade da água de irrigação na cana de açúcar em estádio inicial verificou que a variação textural do solo permitiu à medida que, aumentava a condutividade elétrica da água de irrigação, os níveis de sódio foi maior em solo com maior teor de argila, em comparação ao arenoso, devido ao solo argiloso ter uma maior superfície específica, conseguido reter mais cátions do que no solo arenoso. Para o potássio o efeito foi inverso, solo arenoso aumentando a CEa, diminuiu a concentração deste íon.

Esse efeito mostra que a granulometria do solo contribui bastante no acúmulo dos íons independente a época de avaliação, uma vez que ocorreu a coleta somente na fase fenológica, ou seja, à medida que as cultivares e progênies atingiram a época, de avaliação foi recebeu a água de irrigação normalmente incrementando os níveis dos íons. (MONTENEGRO e MONTENEGRO., 2006).

Mesmo com a acumulação dos íons no solo, como o sódio, não provocou danos as cultivares e progênies, o qual não manifestou sintomas visuais visto que a concentração só aumentou quando as plantas já se encontravam estabelecidas, não afetando o período crítico para o desenvolvimento da cultura, que é dependente das condições climáticas, manejo e órgãos afetados os quais as raízes se encontravam mais expostas a tais condições. (RHOADES., 1992; HOLANDA e AMORIM., 1997; AMORIM et al., 2008; SANTOS et al., 2014).

Nas tabelas 12 e 13, é possível observar as principais correlações genotípicas das variáveis estudadas das cultivares e progênies de sorgo.

Tabelas 12 e 13. Correlação Genotípica entre as principais variáveis de analisadas das cultivares e progênies de sorgo. Vitória de Santo Antão-PE, 2015.

	PMV	**PCH**	**%M.S**	**M.S. Total**	**AMP**	**Nº de Dias**	**EUA**
PMV	**1**						
PCH	**0,96****	**1**					
%M.S	**0,57***	**0,62****	**1**				
M.S.Total	**0,96****	**0,95****	**0,77****	**1**			
AMP	**0,74****	**0,78****	**0,53***	**0,75****	**1**		
N de Dias	**0,43***	**0,37^{ns}**	**0,65****	**0,49***	**0,33^{ns}**	**1**	
EUA	**0,73****	**0,61****	**0,20 ^{ns}**	**0,62***	**0,47***	**0,08^{ns}**	**1**

*,**- Significativo pelo Teste **t - Student,** aos níveis de 5 e 1% respectivamente;
ns- Não Significativo

	ºBRIX	**ATR**	**ET**	**Etu**	**EEC (%)**
ºBRIX	**1**				
ATR	**0,41***	**1**			
ET	**0,48***	**0,86****	**1**		
Etu	**0,41***	**1****	**0,86****	**1**	
EEC (%)	**0,18^{ns}**	**0,01^{ns}**	**-0,11^{ns}**	**0,01^{ns}**	**1**

*,**- Significativo pelo Teste **t - Student,** aos níveis de 5 e 1% respectivamente;
ns- Não Significativo

5. CONCLUSÕES

- As progênies, ao lado das cultivares, por serem mais precoces mostram se viáveis em futura inserção do setor sucroenergético, desde que atinjam a estabilidade de parâmetros genéticos e das características morfológicas e fisiológicas.

- A cultivar SF-15, mostrou-se superior as demais tanto em produtividade de matéria verde, quanto na eficiência no uso de água, indicando-a junto aos cultivos da cana-de-açúcar na zona da mata, principalmente nos períodos de entressafra, de modo a mitigar pressões sobre uso dos recursos hídricos, e reaproveitando águas de qualidade inadequada para consumo humano de forma direta;

- Os cultivos de Sorgo se mostram promissores na zona da mata, como um forte aliado da cana como uma cultura complementar do setor sucroenergético;

- Três grupos apresentam se adequados na estimativa de etanol teórico, tendo em maior contribuição a produção de colmos, ao invés de açúcares totais recuperáveis;

- Estudos posteriores merecem atenção, em virtude de adequar épocas de plantio-colheita e ensaios de maturação das cultivares e progênies;

- A água de irrigação com de CEa variando entre 0,65 a 1,1 $dS.m^{-1}$, pode ser utilizada pela cultura do sorgo, sem restrições, desde que em solos com boa drenagem, elevada taxa de infiltração e textura media.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O cultivo de sorgo mostra-se em função de diferentes pesquisas em nível acadêmico e cientifica de difusão tecnológica como nas universidades e empresas de pesquisas, promissoras. A cada dia é possível perceber a importância de se cultivar, frente à incertezas climáticas e zoneamento de risco para outras culturas, por apresentar manejo mais simples com relação a agroenergia, culturas como cana, milho, beterraba sacarina, com isso, menor custo de produção e por se mostrar competitiva, apresentando maior eficiência no uso de água, reaproveitamento de resíduos, forma de propagação menos onerosa, tolerante a estresse abiótico. Outro aspecto é o de não competir diretamente com culturas alimentícias, como também uma possível proposta de recuperação de áreas degradadas, sem a necessidade de abrir fronteiras agrícolas, mitigando o desmatamento e promovendo garantia de lucros sócio- ambientais. Entre as diferentes regiões climáticas do Brasil, existem inúmeras vantagens de se utilizar da diversidade de recursos genéticos disponíveis nos centros de pesquisa, onde pesquisadores há muitos anos creditam como cultura viável nos sistemas agrícolas, faltando apenas um pouco mais de incentivo em inserir de forma mais massiva esta cultura no agronegócio brasileiro.

REFERENCIAS BIBLIOGRÀFICAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO Irrigation and drainage paper, 56).

ALMEIDA, J.R.F.; FRISCHKORN, H. **Salinization mechanisms of a small alluvial aquifer in the semiarid region of northeast Brazil**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande-PB. v.19, n.7, p.643–649, 2015.

ALMODARES, A., SEPAHI, A., SHIRVANI, M. (1997). **The effects of planting date and genotype on carbohydrate production from sweet sorghum in the south of Iran**. Ann. Plant Physiol. 11: 1-5.

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

AMORIM, J.R.A.; RESENDE, J.R.S.; HOLANDA, J.S.; FERNANDES, P.D.; Qualidade da água na agricultura irrigada, (Ed). Uso e Manejo de Irrigação. In: Albuquerque, P.E.P.; Durães, F.O.M.; Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sete Lagoas-MG. Cap.6. p. 255-297.

ANA – Agência Nacional de Águas. GEO Brasil: **Recursos hídricos: resumo executivo.** Ministério do Meio Ambiente; Agência Nacional de Águas; Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Brasília: MMA; ANA, 2007. 60p.

ANDRADE, L. N. V.; CRUCIANI, D. E. **Análise simulada na recuperação de solos afetados por sais e na resposta produtiva dos cultivos**. In: IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Santos. Anais: 1998.

ANFAVEA (Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores); **Anuário da Indústria Automobilística Brasileira,** Disponível em: http://www.anfavea.com.br/anu%C3%A1rios.html. São Paulo-SP: 2016. 152 p.

AQUINO, A. D., LACERDA, C. D., & GOMES-FILHO, E. (2007). **Crescimento, partição de matéria seca e retenção de Na^+, K^+ e Cl^- em dois genótipos de sorgo irrigados com águas salinas**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, *31*(5), 961-971.

ASSIS JUNIOR, J. O.; LACERDA, C. F.; SILVA, C. F.; SILVA, F. L. B.; BEZERRA, M. A.; GHEYI, H. R do feijão-de-corda e acúmulo de sais. **Produtividade no solo em Função da fração de lixiviação e da salinidade da água de Irrigação**. *Engenharia Agrícola*, v.27, n.3, p.702-713, 2007

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **Water quality for agriculture.** Roma: FAO. 1994. 218 p. (Irrigation and Drainage Paper 29. Rev.1). ISBN 92-5-102263-1.

BARCELOS, C.A.; SANT'ANNA, L. M. M.; MAEDA, R. N.; PEREIRA JUNIOR, N.; **Aproveitamento das frações sacarínea, amilácea e lignocelulósica do sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) *Moench*] para a produção de bioetanol**. Boletim Técnico da Petrobras, Rio de Janeiro, v. 54, n. 3, p. 29-46, dez. 2011

BATISTA, M. J.; NOVAES, F.; SANTOS, D. G. Drenagem **como instrumento de dessalinização e prevenção da salinização de solos.** 2ª ed., rev. e ampliada. Brasília: CODEVASF, 2002.216 p. il.

BOARETTO, A. E.; CHITOLINA, J. C.; RAIJ, B. VAN; SILVA, F. C. DA; TEDESCO, M. J.; CARMO, C. A. F. de S. do (1999) **Amostragem, acondicionamento e preparação das amostras de plantas para análise química.** *In:* Silva, F.C. da (org.) *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília*: EMBRAPA – Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, p. 49-73.

BORÉM, A. PIMENTEL, L. D. E PARELLA, R. A**. Sorgo do plantio a colheita**/ Aluízio Borém, Leonardo Duarte Pimentel, e Rafael Augusto da Costa Parella (Editores). Viçosa, MG: Ed.UFV,2014, 275 p.:il;22cm

BRESSAN FILHO, ÂNGELO. **Os Fundamentos do Setor Sucroalcooleiro no Brasil**. 2ª ed.rev.ampl.2009.Companhia Nacional de Abastecimento- CONAB. 88p.

CANTERI, M. G., ALTHAUS, R. A., VIRGENS FILHO, J. S., GIGLIOTI, E. A., GODOY, C. V. **SASM – Agri: Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scott –Knott, Tukey e Duncan.** Revista Brasileira de Agrocomputação, V.1, N.2, p.18-24. 2001.

CEPAL (Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe). **Bioetanol de Cana-de-Açúcar – Energia para o Desenvolvimento Sustentável**, Rio de Janeiro, 2008.

COELHO, A. M.; WAQUIL, J. M.; KARAM, D.; CASELA, C. R.; RIBAS, P. M. **Seja o doutor do seu sorgo**. Instituto Potafós, n. 14 (Arquivo do Agrônomo) p. 24, 2002.

COELHO, D. S., SIMÕES, W. L., MENDES, A., DANTAS, B. F., RODRIGUES, J. A., & SOUZA, M. A. D. (2014). **Germination and initial growth of varieties of forage sorghum under saline stress**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, *v.*18 *n.*(1), 25-30.

COSTA, D. M. A. **Impactos do estresse salino e da cobertura morta nas características químicas do solo e no desenvolvimento do amaranto**. 2007. 124f. Tese (Doutorado em Engenharia Química). Universidade Federal do Rio Grande do Norte: Centro de Tecnologia - DEQ, Natal -RN, 2007.

COSTA, E. J. B.; SOUZA, E. S.; BARROS JUNIOR, G.; NUNES FILHO, J.; DE SOUZA, J. R. TABOSA, J. N.; VIEIRA LEITE, M. L. M.; **Cultivo de sorgo em sistema de vazante com e sem cobertura do solo**. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.14, n.2, p. 182-195, 2015

CPRM, Serviço Geológico do Brasil. P**rojeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea**. Diagnóstico do município de Vitória de Santo Antão, estado de Pernambuco. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

CRUZ, C.D. Programa Genes: Estatística experimental e matrizes**.** Editora UFV. Viçosa (MG). 285p. 2006

DIAS, N.S; BLANCO. F.F: **Efeito dos Sais no solo e na Planta**, In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, 2010. p. 130-141.

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

DONATO, S.L.R; COELHO, E F; MARQUES, P.R.R; ARANTES A.M; SANTOS, M.R; OLIVEIRA, P.M. **Ecofisiologia e eficiência de uso da água em bananeira**. XX Reunião Internacional da Associação para a Cooperação em Pesquisa e Desenvolvimento Integral das Musáceas. Fortaleza- CE, 2012 p. [58-72].

DURÃES, F.O.M, **Sorgo sacarino: Desenvolvimento de tecnologia agronômica,** Agroenergia em Revista, nº 3.Ano II, Brasília, 2011. 51.p.il.

DURÃES, F.O.M.; MAY, A.; PARRELLA, R. C. **Sistema agroindustrial do sorgo sacarino no Brasil e a participação público-privada: oportunidades, perspectivas e desafios**.Durães..[et al.]. Doc. 138 Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. 76 p.

DUTRA, E.D., NETO, A.G.B., SOUZA, R. B., JUNIOR, M. A. M., TABOSA, J. N., MENEZES, R.S.C**. Ethanol Production from the Stem Juice of Different Sweet**. Society for Sugar Research & Promotion. (July-Sept 2013) 15(3):[316–321] 2013

EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo.** 2. ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212 p.

EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Brasília, DF: Embrapa Solos, 2009. 627p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

FERREIRA, J. **Etanol de segunda geração: definição e perspectivas**. Rev. Conexão Eletrônica – Três Lagoas, MS v.12 – n.1. 2015

FLOSS, E. L. **Água e desenvolvimento das culturas**, cap. XII. 407- 494. Fisiologia das plantas cultivadas: O estudo do que está por trás do que se vê. 4.edição. Editora Universidade de Passo Fundo, 733 p. 2008

FORNASIERI. JOSÉ LUIZ; FORNASIERI FILHO. DOMINGOS, JOSÉ LUIZ FORNASIERI**. Manual da Cultura do Sorgo**. Jaboticabal: Funep 2009. 202.p.:il;

FREIRE, M. B., MIRANDA, M. F., OLIVEIRA, E. E., DA SILVA, L. E., PESSOA, L. G., & DE ALMEIDA, B. G. (2014). **Agrupamento de solos quanto à salinidade no Perímetro**

Irrigado de Custódia em função do tempo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi*, v. *18*.

GOMES, S.O.; PITOMBEIRA, J.B.; NEIVA, J.N.M. et al. **Comportamento agronômico e composição químico-bromatológico de cultivares de sorgo forrageiro no Estado do Ceará**. Revista Ciência Agronômica, v.37, n.2, p.221-227, 2006.

HOLANDA, J.S.; AMORIM, J.R.A.; Qualidade de água para irrigação. In: Ghey,H.R., Queiroz, J.E.; Medeiros, J.F.; (Ed). Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada. Campina Grande-PB, SBEA-UFPB,1997. Cap. 5. p.1-27.

KERBAUY, G. Fisiologia Vegetal/ Gilberto Barbante Kerbauy- 2 Ed.[Reimpresso]-Rio de Janeiro: Guanabara Koogan,2012. 431p.il.

IPA. ***Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco: 2ª aproximação*** Recife: Instituto Agronômico de Pernambuco - IPA, 2008.

KELLER, J. KARMELI, D. **Trickle irrigation design**. Glendora: Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation, 1975. 133p.

LACERDA, C. F. et al. **Soil salinization and maize and cowpea yield in the crop rotation system using saline waters**. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.31, n.4, p.663-675, jul./ago. 2011.

LAMNET, J. **Global multi-stakeholder networks linking knowledge and policy in support of sustainable development.** In: JOHANNESBURG SUMMIT, 2002, Johannesburg. Position paper… Sweden: CARENSA, 2002

LEITE, E. M. **Utilização de corretivos quimicos em solos degradados por sodio usando milheto(*Pennisetum americanum* L.)** como planta teste.2005.62 f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água)- Centro de Ciencias Agrárias,UFPB. Areia,2005.

LIMA. G. S, TABOSA, J.N. AZEVEDO-NETO, A.D. LIRA, M.A. AND BRITO, A.R.M B. **Dry Matter Production Yield and Water-Use Efficiency of Forage Sorghum Lines under Drought Conditions**. International Sorghum and Millets Newsletter. v 1. N.40. ICRISAT, Abernathy, Texas.1999

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 Assú 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.

LIRA, M. A.; ARAUJO, M. R. A.; MACIEL, G. A.; FREITAS, E. V.; ARCOVERDE, A. S. S.; LEIMING, G.; **Comportamento de novas progénies de sorgo forrageiro para o semiarido Pernambucano**. Pesquisa Agropecuária. Brasileira. Brasília, 23(11):1 239- 246, nov. 1988.

LINACRE, E. T. **A simple formula for estimating evaporation rates in various climates, using temperatura data alone**. Agricultural Meteorology, Amsterdam, v. 18, n. 6, p. 409-424, 1977

LUCENA, E. H. L**. Efeito da Aplicação de Vinhaça e Torta de Filtro na Cultura do Sorgo Sacarino Visando Produção de Biomassa e Rendimento de Caldo**. Recife: UFRPE, 2014. 66 f. Dissertação Mestrado, Engenharia Agrícola.

MAAS, E. V.; **Salt tolerance of crops**. Applied agricultural research, Wagennen v.1, n1. p.12-26, 1986.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; SCHAFFERT, R. E. **Fisiologia da planta de sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2000. 46p. (Embrapa Milho e Sorgo - Circular Técnica, 3).

MAKANDA, I. DERERA, J. TONGOONA, P. SIBIYA, J. **Development of sorghum for bio-energy: A view from the stakeholders and priorities for breeding dual-purpose varieties**. African Journal of Agricultural Research. v.6. n.19. [4477-4486], Pietermaritzburg. 2011

MASSOM, I.S.; COSTA, G. H. G.; ROVIERO, J. P. FREITAS, L. A.; MUTTON, M. A.; ROSSINI MUTTON, M. J. **Produção de bioetanol a partir da fermentação de caldo de sorgo sacarino e cana-de-açúcar.** Ciência Rural, Santa Maria, v.45, n.9, p.1695-1700, 2015

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

MAY, A., DURÃES, F. O. M., FILHO, I. A. P., SCHAFFERT, R. E., PARRELLA, R. A. da C. **Sistema Embrapa de Produção Agroindustrial de Sorgo Sacarino para Bioetanol Sistema BRS1G – Tecnologia Qualidade Embrapa**. Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas - MG, 2012.

MAY, A. **Sorgo como matéria-prima para produção de bioenergia: etanol e cogeração**- Informe Agropecuário. v 35.n 278 Jan- Fev 2014 [14-20] ISSN 0100-3364.

MENGISTU, M. G. STEYN, J.M. KUNZ, R.P. DOIDGE, I. HLOPHE, H.B. EVERSON, E.S. JEWIETT, G.P.W. CLULOW, A.D. **A preliminary investigation of the water use efficiency of sweet sorghum for biofuel in South Africa**. Water Research Commission. v 42.n.1. 2016.

MONTENEGRO, A. A. A.; MONTENEGRO, S.M.G.L.; **Variabilidade espacial de classes de textura, salinidade e condutividade hidráulica de solos em planície aluvial**. Agriambi, Campina Grande v.10, n.1, p.30–37, 2006.

NAGAI, M. A. **Produtividade de biomassa de sorgo sacarino sem irrigação na Zona da Mata Norte de Pernambuco**. Recife:UFPE,2012. 43 f. Dissertação Mestrado, Tecnologias Energéticas Nucleares.

NEVES, A. L. A., DOS SANTOS, R. D., PEREIRA, L. G. R., TABOSA, J. N., DE ALMEIDA, M. R. M., RODRIGUES, J. D. S., & VERNEQUE, R. D. S. (2014). **Agronomic characteristics of sorghum cultivars for silage production in the agreste of Pernambuco State**. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.*13 n.*(3), 382-390.

NITSCH, MANFRED. **O Programa de biocombustíveis Proálcool no contexto da estratégia energética brasileira**. 1991.Revista de Economia Política. v.2. n.(42). 123-138.

NOVACANA. **A evolução da produtividade da cana-de-açúcar.** Disponível em : https://www.novacana.com/estudos/a-evolucao-da-produtividade-da-cana-de-acucar-160813/

NUNES, J.A.S; SILVEIRA, M.H.D; SILVA, T.J.A.; NUNES, P.C.M., & CARVALHO, K.S., **Velocidade de infiltração pelo método do infiltrômetro de anéis concêntricos em latossolo vermelho de cerrado**. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.8, n.15; p.1685-1692. 2012.

OLIVEIRA, A. B. de; GOMES-FILHO, E. **Germination and vigor of sorghum seeds under water and salt stress**. Revista Brasileira de Sementes, v. 31, n. 3, p. 48-56, 2009.

OLIVEIRA, J. R.M. **Avaliação de Novas Progênies F6 de Sorgo sacarino promissoras para a Produção de Etanol na Zona da Mata de Pernambuco**. Recife. UFRPE, 2014. 106 f. Dissertação Mestrado Melhoramento Vegetal.

PERAZZO, A. F., SANTOS, E. M., PINHO, R. M. A., CAMPOS, F. S., RAMOS, J. P. D. F., AQUINO, M. M. D, ... & Bezerra, H. F. C. (2013). **Características agronômicas e eficiência do uso da chuva em cultivares de sorgo no semiárido**. Ciência Rural, Santa Maria, v.43, n.10, p.1771-1776, 2013.

PIRES, F.R.; ASSIS, R.L.; BRAZ, A.J.B.P.; SILVA, G.P.; PAIVA, F.C.; MACEDO, R.S.; GOMES, G.V. & CARGNELUTTI FILHO, A. **Cobertura do solo por resíduos de espécies utilizadas como plantas de cobertura, cultivadas em safrinha, no Cerrado do sudoeste goiano**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30., Recife, 2005. Anais. Recife, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. CD-ROM.

PRUSKI, F.F.; VENDRAME, V.; OLIVEIRA E.F.; BALBINO, L.C.; FERREIRA, P.A.; WERLANG, L.; CARVALHO, L.T. **Infiltração de água no Latossolo Roxo**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 32, n. 1, p.77-84, 1997.

QUEIROZ, J.E.; GONÇALVES, A.C.; SOUTO, J.S.; FOLEGATTI, M.V.; **Avaliação e monitoramento da salinidade do solo**. Manejo e Controle da Salinidade na Agricultura Irrigada. XXVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. Campina Grande-PB, 1997 [69-111].

REDDY, V. S. B. RAMESH, S. REDDY, P.S. RAMAIAH, B. SALIMATH, P.M. KACHAPUR, R. **Sweet sorghum- A potential alternate raw material for bio-ethanol and bioenergy**. Int. Sorghum and Millets Newsletter. v.46: 79-86 ICRISAT, Abernathy, Texas, 2005

RHOADES, J.P.; KANDIAH, A.; MASHALI, A.M. **The use saline waters for crop production.** Roma: FAO, 1992. 133p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 48).

RIBAS, P. M. **Origem e importância econômica**. Sorgo do plantio á colheita. Eds. Borém, A. Pimentel, L. Parrella, R. [9-34]. 2014.

RIBEIRO, M. R. **Origem e classificação dos solos afetados por sais**. In: Gheyi, H. R.; Dias, N. da S.; Lacerda, C. F. de (ed). Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza, INCTSal, 2010. p.11-19.

RICHARDS, L.A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils.** Washington: US Department of Agriculture, 1954. 160p. USDA Agricultural Handbook, 60.

SANTANA, M.J.; CARVALHO, J.A.; SOUZA, K.J.; SOUSA, A.M.G.; VASCONCELOS, ANDRADE, L.A.B.; **Efeitos da salinidade da água de irrigação na brotação e desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar (Saccharum spp.) e em solos com diferentes níveis texturais**. Ciência & Agrotecnologia, Lavras, v. 31, n. 5, p. 1470-1476.

SANTOS, R.A.; CARNEIRO, P.T.;SANTOS, V.R.; COSTA, L.C.; SANTOS, C.G.; SANTOS NETO, A.L. **Crescimento de leguminosas utilizadas na adubação verde em diferentes níveis de sais na água de irrigação**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande-PB. v.18, n.12, p.1255–1261, 2014.

SANTOS, J. B., CENTENO, C. R. O. M., DE AZEVEDO, C. A. V., GHEYI, H. R., DE LIMA, G. S., CAVALCANTE, L. F., & DA SILVA, M. E. M. (2016). **Production of sunflower under saline water irrigation and nitrogen fertilization**. *African Journal of Agricultural Research*, *11*(17), 1486-1493.

SCHAFFERT, R.E.; PARRELLA, R.A.C. Planejamento industrial. In: MAY, A. (Ed.). **Sistema Embrapa de produção agroindustrial de sorgo sacarino para bioetanol**: Sistema BRS1G-tecnologia qualidade Embrapa. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. p.85-92.

SILVA, I. N.; FONTES, L. O.; TAVELLA, L. B.; OLIVEIRA, J. B.; OLIVEIRA, A. C. **Qualidade de água na irrigação**. Agropecuária Científica no Semiárido. v. 7, n. 3, p. 01-15, 2011.

SILVA, T. C., SANTOS, E. M., AZEVEDO, J. A. G., EDVAN, R. L., PERAZZO, A. F., PINHO, R. M. A., ... & DA SILVA, D. S. (2011). **Agronomic divergence of sorghum hybrids for silage yield in the semiarid region of Paraiba**. *R. Bras. Zootec*, *40*(9), 1886-1893.

SIMÕES, D.A.; ALBUQUERQUE, C.J.B.; ALVES, D. D.; OLIVEIRA, R.M.; BRANT, R.S.; NAZARENO, C.H.C.; **Produtividade do Sorgo Forrageiro em Três Regiões de Minas Gerais**. In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 28. 2010, Goiânia-GO. Anais. Goiânia: ABMS, 2010. CD Rom.

SCHOSSLER, T.R.; MACHADO, D.M.; ZUFFO, A.M.; ANDRADE, F.R.; PIAUILINO, A.C.; **Salinidade: efeitos na fisiologia e na nutrição mineral de plantas**. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 8, n.15; p.1563-1578. 2012

SOUSA, G. G.; Lima, F. A.; Gomes, K. R., Viana, V.A.; Costa, F. R. B.; Azevedo, B. M., & Martins, L. F. **Irrigação com água salina na cultura do amendoim em solo com biofertilizante bovino. Nativa**, v. 2, n. 2, p. 89-94, 2014.

SOUSA, A. E. C., GHEYI, H. R., SOARES, F. A. L., NOBRE, R. G., & NASCIMENTO, E. C. S. (2012). **Componentes de produção de pinhão manso irrigado com água de diferentes condutividades elétrica e doses de fósforo**. *Ciência Rural*, *42*(6), 1007-1012.

TABOSA, J. N. TAVARES FILHO,J. J; BRITO, A.R.M. Instituto Agronômico de Pernambuco: Folhetos explicativos . **O cultivo do Sorgo no Semiárido de Pernambuco-Aspectos gerais e recomendações básicas de plantio.**Recife, 2008.5p.

TABOSA, J. N.; REIS, O. V.; NASCIMENTO, M. M. A.; LIMA, J. M. P.; SILVA, F. G.; FILHO, J. G. S., BRITO, A. R. M. B., RODRIGUES, J. A. S. **O Sorgo Sacarino no Semiárido Brasileiro: Elevada Produção de Biomassa e Rendimento de Caldo**. In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 28. 2010, Goiânia-GO. Anais. Goiânia: ABMS, 2010. CD Rom.

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

TABOSA, J.N.; NASCIMENTO, M.M.A.; REIS, O. V.; BRITO, A.R.M.B.; TAVARES FILHO, J.J.; FERRAZ, I. **Produção de Biomassa e Eficiência de Uso de Água de Cultivares e Sorgo no Semiárido de Pernambuco em Dois Estádios de Colheita.** In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 28. 2010, Goiânia-GO. Anais. Goiânia: ABMS, 2010. CD Rom.

TABOSA, J.N.; SILVA, F. G.; NASCIMENTO, M.M.A.; BARROS, A.H.C.; BRITO, A.R.M.B.; SIMPLICIO, J.B.; **Genótipos de sorgo forrageiro no semiárido de Pernambuco e Alagoas- Estimativas de Parâmetros genéticos de variáveis de produção**. In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 29. 2010, Águas de Lindoia-SP. Anais: ABMS, 2012.

TABOSA, J. N. BARROS, A. H. C.; BRITO, A. R. M. B.; SIMPLÍCIO, J. B. **Cultivo de sorgo no semiárido brasileiro: Potencialidades e utilizações**. In (Editores): Márcia do Vale Barreto Figueiredo [et al.]. – Recife-PE: Instituto Agronômico de Pernambuco- IPA/Emater/SEAGRI-AL, 2013. p.133-162.

TABOSA, J.; BARROS, A.; BRITO, A.; SIMPLICIO, J. **Cultivo do Sorgo no Semiárido Brasileiro: Potencialidades e Utilizações.** Recife, 2013.

TAIZ, L. **Fisiologia Vegetal**/Lincoln Taiz, Eduardo Zeiger; [Tradução: Armando Molina Divan Junior...et al]; revisão técnica: Paulo Luiz de Oliveira-5ed- Porto Alegre: Artmed 2013. 918p.il.color;28 cm.

TRINDADE, A. R., LACERDA, C. F., GOMES FILHO, E., BEZERRA, M. A., & PRISCO, J. T. (2006). **Influência do acúmulo e distribuição de íons sobre a aclimatação de plantas de sorgo e feijão-de-corda, ao estresse salino**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, *10*(4), 804-810.

ÚNICA (União da Indústria Cana de Açúcar). **Resumo de Atividades**. Disponível em: http://unica.com.br/documentos/publicacoes/html. Acesso em 15/10/2016.

VASILAKOGLOU, I.; DHIMA, K.; KARAGIANNIDIS, N.; GATSIS, T. **Sweet sorghum productivity for biofuels under increased soil salinity and reduced irrigation.** *Field Crops Research* [S.I.], v. 120, n. 1, p. 38-46, 2011

VIEIRA, M.R.; LACERDA, C.F.; CÂNDIDO, M.J.D.; CARVALHO, P.L.; COSTA, R.N.T.; TABOSA, J.N. **Produtividade e qualidade da forragem de sorgo irrigado com águas salinas.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, (Suplemento), p.42-46, Campina Grande-PB, 2005.

VON PINHO, R. G.; FIORINI, I. V. A.; SANTOS, A. O.; **Botânica do Sorgo**. 37- 56. Sorgo do plantio a colheita. Ed. UFV. 2014.

XIMENES, P. A.; FREIRE, A. C.; JÚNIOR, W. N. M. **Avaliação do potencial agronômico de algumas cultivares de sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* L. Moench)**. Anais Escola de Agronomia e Veterinária, v. 18, n. 1, p. 109-115, 1988.

ZHAO, Y.L., DOLAT, A., STEINBERGER, Y., WANG, X,. OSMAN, A., & XIE, G.H. (2009). **Biomass yield and changes in chemical composition of sweet sorghum cultivars grown for biofuel**. Field Crops Researche. 111:55-64.

WIKIPEDIA, A Enciclopédia Livre <https://pt.wikipedia.org/wiki/Vit%C3%B3ria_de_Santo_Ant%C3%A3o> Acesso em 12/07/2016.

WILLADINO, L.; CAMARA, T. R. **Origen y naturaleza de los ambientes salinos**. In: Reigosa, M. J.; Pedrol, N.; Sánchez, A. (ed.). La ecofisiología vegetal – Una ciencia de síntesis. Madrid: Thompson, p.303-330, 2004.

ANEXOS

Resumo da análise de variância para as variáveis: Produção de Matéria Verde (PMV), Produção de Colmos, Percentual de Matéria Seca, Matéria Seca Total, Altura na Colheita, e Percentual de Plantas na Floração (Nº de Dias)....obtidas da avaliação de 20 Cultivares e Progênies de sorgo no município de Vitória de Santo Antão-PE, 2015.

Causa da variação	**G.L.**	**PMV(t.ha-¹)**	**PCH (t.ha-¹)**	**M.S(%)**	**M.S. Total(t.ha-¹)**	**AMP(cm)**	**Floração (Nºde Dias)**
Blocos	**2**	-------	-------	-------	-------	-------	-------
Tratamentos	**19**	478,10*	494,85*	85,45*	129,61*	9710,23*	30,52*
Resíduo	**38**	37,76	21,42	33,84	15,94	201,10	6,27
Total	**59**						
Média Geral		44,35	31,54	37,78	17,17	284,52	74,23
Coef. Variação (C.V %)		13,86	14,67	15,40	23,24	4,98	3,37

***,** Significativo, pelo teste de F, a 5 e a 1% de probabilidade, respectivamente;**
NS – **Não significativo**

Resumo da análise de variância para as variáveis: Sólidos Solúveis na Colheita (°BRIX), Açúcares Redutores Totais (ART), Etanol Teórico(ET), Etanol Teórico unitário, (ETu), Eficiência na Extração de Caldo(EEC), e Eficiência no Uso de Água(EUA), da avaliação dos 20 Cultivares e Progêneis de Sorgo, no município de Vitória de Santo Antão-PE. 2015.

Causa da variação	**G.L.**	**°Brix**	**ATR(g.100ml^{-1})**	**ET (L.ha^{-1})**	**ETu (L.t^{-1})**	**EEC(%)**	**EUA(**kg.MS. kg H_2O^{-1})
Blocos	**2**	**-----**	--------	---------	----------	----------	----------
Tratamentos	**19**	42,15*	57,40*	6326931,90*	2807,48*	82,20*	275,81*
Resíduo	**38**	3,51	4,77	240478,49	233,36	21,10	58,31
Total	**59**						
Média Geral		13,39	17,93	2460,00	3913,91	12,63	32,76
Coef. Variação (C.V)		13,99	12,18	19,93	20,66	36,36	23,31

***,** Significativo, pelo teste de F, a 5 e a 1% de probabilidade, respectivamente;**
NS – Não significativo

Resumo da análise de variância para as variáveis: Concentração de Sódio e Potássio na solução do solo e Condutividade Elétrica do Extrato de Saturação em 3 coletas das parcelas referente às 20 Cultivares e Progênies de Sorgo, no município de Vitória de Santo Antão-PE. 2015.

		1ª Leitura			2ª Leitura			3ª Leitura		
	GL	**Na^+**	**K^+**	**CE_{es}**	**Na^+**	**K^+**	**CE_{es}**	**Na^+**	**K^+**	**CE_{es}**
Causa da Variação										
Blocos	2	----------	----------	---------	----------	----------	---------	----------	----------	-------
Tratamentos	19	23339,90*	3659,59*	1,77*	14785,02*	1266,45*	0,296**	14172,96*	1660,12*	0,330*
Resíduo	38	1532,24	283,20	0,023	1346,82	83,83	0,027	679,20	72,55	0,027
Total	59									
Média		118,2	73,1	1,4	331,5	38,1	1,4	280,4	51,5	1,8
Coef. Variação (%)		33,1	23,0	10,6	11,1	24,1	12,1	9,3	16,6	8,4

***,** Significativo, pelo teste de F, a 5 e a 1% de probabilidade, respectivamente;**
NS – Não significativo

Rio Tapacurá

Linha Lateral do Sistema de Irrigação e Emergência do Sorgo

Sorgo aos 30 dias após a semeadura

Sorgo na fase de emborrachamento para o pré-florescimento

Sorgo na fase de grão leitoso/pastoso

Leitura do teor de sólidos solúveis do colmo com refratômetro