



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIDADE ACADÊMICA DE SERRA TALHADA
CURSO DE AGRONOMIA**

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DE CULTIVARES DE SORGO E
PROPRIEDADES FÍSICO-HÍDRICAS DO SOLO EM DIFERENTES
SISTEMAS DE CULTIVO**

**SERRA TALHADA, PE
2018**

DANILO RIBEIRO MARQUES

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DE CULTIVARES DE SORGO E
PROPRIEDADES FÍSICO-HÍDRICAS DO SOLO EM DIFERENTES
SISTEMAS DE CULTIVO**

Monografia apresentada à Coordenação do Curso de Bacharelado em Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UAST), como requisito para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador:

Prof. Dr. Maurício Luiz de Mello Vieira Leite

**SERRA TALHADA, PE
2018**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca da UAST, Serra Talhada - PE, Brasil

M357d Marques, Danilo Ribeiro

Desempenho agronômico de cultivares de sorgo e propriedades físico-hídricas do solo em diferentes sistemas de cultivo / Danilo Ribeiro Marques. – Serra Talhada, 2018.
40 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Mauricio Luiz de Mello Vieira Leite
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em bacharelado em Agronomia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. Unidade Acadêmica de Serra Talhada, 2018.
Inclui referência.

1. Forragem. 2. Matéria seca - produção. 3. Sorgo - cultivo. I. Leite, Mauricio Luiz de Mello Vieira, orient. II. Título.

CDD 630

DANILO RIBEIRO MARQUES

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DE CULTIVARES DE SORGO E
PROPRIEDADES FÍSICO-HÍDRICAS DO SOLO EM DIFERENTES
SISTEMAS DE CULTIVO**

Monografia apresentada à Coordenação do Curso de Bacharelado em Agronomia, da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UAST), como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Agronomia.

APROVADA em _____ de _____ de _____

**Prof. Dr. Mauricio Luiz de Mello Vieira Leite
(Orientador)**

**Prof. Dr. Josimar Bento Simplício
(Examinador)**

**Engenheiro Agrônomo José Raliuson Inácio Silva
(Examinador)**

SERRA TALHADA, PE

2018

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Francisca Ribeiro Marques e Damião Marques da Costa por todo apoio e ensinamentos a mim passados, sempre me incentivando a ir em busca dos meus objetivos, a minha esposa Luana Freire do Nascimento Marques, a meus filhos Rogerlan do Nascimento Xavier e Daysa Lauany do Nascimento Marques por me inspirarem a sempre lutar e a nunca desistir, a meus irmãos Bruno Ribeiro Marques e Márcia Cristina Ribeiro Marques por todo apoio.

Entrega o teu caminho ao Senhor; confia nele, e ele tudo fará. (**Salmos 37:5**)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por sempre estar ao meu lado, cuidando de mim, sempre me mostrando que não estou sozinho, me dando forças e renovando minha esperança de que dias melhores virão, me guiando sempre pelo melhor caminho e aumentando minha fé a cada dia.

A todos da minha família que me ajudaram e me apoiaram durante essa trajetória.

Ao professor Dr. Maurício Luiz de Mello Vieira Leite, pela indispensável orientação, por todos os ensinamentos, por ser um exemplo de profissional e de pessoa, pelos conselhos, por todo auxílio, pela amizade e paciência e muito mais.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada e a todos os professores do curso de Bacharelado em Agronomia por contribuírem imensamente para minha formação acadêmica.

Aos meus amigos e colegas de turma por todo apoio e amizade durante essa trajetória acadêmica.

Aos integrantes e amigos do Grupo de Estudos em Forragicultura (GEFOR), que contribuíram durante a condução dos experimentos realizados.

Ao IPA por disponibilizar a área para a realização do experimento.

A todos que me apoiaram e contribuíram direta e indiretamente para minha formação acadêmica e pessoal, a todos o meu sincero obrigado e que Deus os abençoe.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE FIGURAS.....	vii
RESUMO.....	viii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REFERÊNCIAL TEÓRICO.....	2
2.1 Cultura do sorgo.....	2
2.2 Características agronômicas do sorgo.....	3
2.3 Cultivares de sorgo	4
2.4 Sistemas de cultivo	6
3. OBJETIVOS.....	8
3.1 Geral.....	8
3.2 Objetivos específicos	8
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	8
4.1. INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO.....	8
4.2. AVALIAÇÃO DAS PLANTAS.....	10
4.3. AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICO – HÍDRICAS	11
4.4. RESISTÊNCIA DO SOLO À PENETRAÇÃO	14
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
5.1. Características agronômicas do sorgo.....	14
5.2. Propriedades físico hídricas do solo	16
5.3. Resistência do solo a penetração (RSP).....	18
5.4. Curva de retenção de água no solo e curva de condutividade hidráulica de água no solo.....	21
6. CONCLUSÕES	23
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Efeito das cultivares de sorgo nas características agronômicas avaliadas.....	15
Tabela 2. Efeito dos sistemas de cultivo de sorgo nas características agronômicas avaliadas.....	15
Tabela 3. Respostas da Sorvidade, Densidade do solo e Umidade no ponto de murcha permanente a diferentes sistemas de manejo da cultura do sorgo.....	16
Tabela 4. Respostas da sorvidade, densidade do solo e umidade no ponto de murcha permanente a diferentes cultivares de sorgo.....	16
Tabela 5. Interação entre sistemas de manejo e cultivares de sorgo na condutividade hidráulica, capacidade de água disponível, umidade na capacidade de campo do solo..	17
Tabela 6. Variação da umidade do solo no momento da realização dos teste de resistência do solo a penetração, em função dos sistemas de cultivo de sorgo.....	18
Tabela 7. Variação da umidade do solo no momento da realização dos teste de resistência do solo a penetração, em função das cultivares de sorgo.....	19
Tabela 8. Resistência do solo à penetração em função dos sistemas de cultivo de sorgo.....	19
Tabela 9. Resistência do solo à penetração em função de cultivares de sorgo.....	20
Tabela 10. Desdobramento da interação entre sistemas de cultivo e cultivares de sorgo na resistência do solo à penetração na camada de 10-20 cm.....	20
Tabela 11. Parâmetros que descrevem a curva de retenção de água no solo e a curva de condutividade hidráulica de água no solo.....	21

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Curva de condutividade hidráulica de água no solo (A) Curva de retenção de água no solo (B) em função dos diferentes sistemas de cultivo e cultivares se sorgo.....	22
--	----

RESUMO

Objetivou-se avaliar as características agronômicas de cultivares de sorgo em distintos sistemas de cultivo e os impactos desses sistemas nas propriedades do solo no Semiárido pernambucano. Foram avaliadas as propriedades físico-hídricas do solo: densidade do solo (D_s), sorvidade (S_o), condutividade hidráulica do solo saturado (K_s), curva de condutividade hidráulica de água no solo, curva de retenção de água no solo, umidade na capacidade de campo (CC), umidade no ponto de murcha permanente (PMP), capacidade de armazenamento de água no solo (CAD) e a resistência do solo à penetração (RSP). A pesquisa foi realizada, em condições de campo, no Instituto Agrônomo de Pernambuco, em Serra Talhada. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, disposto em parcelas subdivididas, com quatro repetições. Os tratamentos nas parcelas principais consistiram de três sistemas de cultivo (convencional, plantio direto e com incorporação de matéria orgânica ao solo) e nas subparcelas foram avaliadas cinco cultivares de sorgo (SF 15, IPA 2502, Qualimax, IPA 4202 e BRS Ponta Negra). A subparcela medindo 5,0 m de comprimento por 4,0 m de largura foi constituída de cinco linhas de sorgo, espaçadas 0,80 m entre si. As avaliações foram efetuadas nas três linhas centrais, excetuando-se um metro nas extremidades de cada linha, perfazendo uma área útil de 7,2 m². A produção de matéria seca da cultivar SF 15 foi superior as demais cultivares, sendo que não diferiu da cultivar BRS Ponta Negra. O sistema de plantio direto (SPD) promoveu melhores características agronômicas e maior produção de matéria seca do sorgo, independentemente de cultivar. As variáveis D_s , S_o e PMP não apresentaram diferença significativa em função dos tratamentos. As variáveis K_s , CC e CAD apresentaram interação entre os tratamentos, sendo que a combinação IPA 2502 com cobertura na superfície do solo promoveu maior valor de K_s (0,128 mm s⁻¹). A CC seguiu a mesma dinâmica da CAD , sendo que para todas as cultivares a CAD foi superior no SPD , sendo a exceção a cultivar IPA 4202 que não apresentou diferença em função do sistema de cultivo. Para a RSP na camada de solo de 0-10 cm não houve efeito dos tratamentos. Na camada de 10-20 cm de solo houve interação entre os tratamentos, sendo que a cultivar SF 15 apresentou maior RSP no sistema com cobertura incorporada. Na camada de 20-30 cm, as cultivares IPA 4202 e BRS Ponta Negra foram as que apresentaram menor RSP , sendo que para essa mesma camada o sistema com cobertura incorporada promoveu a maior RSP . O plantio direto é uma alternativa viável para produção de sorgo no Semiárido pernambucano, sendo a combinação SF 15 e plantio direto a mais recomendada.

Palavras-chave: Forragem, Produção de matéria seca, *Sorghum bicolor*, Resistência do solo à penetração.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate agronomic characteristics of sorghum cultivars under different cropping systems and the impacts of these cropping systems on soil properties in the semi-arid region of Pernambuco. The soil physical-water properties were evaluated: soil density (Ds), sorbidity (So), saturated soil hydraulic conductivity (Ks), water hydraulic conductivity curve in the soil, water retention curve in the soil, moisture in the soil field capacity (CC), permanent wilt point (PMP), soil water storage capacity (CAD) and soil penetration resistance (RSP). The research was carried out, under field conditions, at the Instituto Agronômico de Pernambuco, in Serra Talhada. The experimental design was in randomized blocks, arranged in subdivided plots, with four replications. The treatments in the main plots consisted of three cultivation systems (conventional, no - tillage and incorporation of organic matter to the soil) and in the subplots five sorghum cultivars (SF 15, IPA 2502, Qualimax, IPA 4202 and BRS Ponta Negra) were evaluated. The subplot measuring 5.0 m long by 4.0 m wide was composed of five lines of sorghum, spaced 0.80 m apart. The evaluations were carried out in the three central lines, except for one meter at the ends of each line, making a useful area of 7.2 m². The dry matter yield of the cultivar SF 15 was superior to the other cultivars, and did not differ significantly from the cultivar BRS Ponta Negra. The no - tillage system (SPD) promoted better agronomic characteristics and higher sorghum dry matter yield. The variables Ds, So and PMP did not present significant difference as a function of the treatments. The Ks, CC and CAD variables showed interaction between the treatments, and the IPA 2502 combination with soil surface cover promoted a higher value of Ks (0.128 mm s⁻¹). The CC followed the same dynamic of the DAC, being that for all the cultivars the CAD was superior in the SPD, being the exception the cultivar IPA 4202 that did not present difference as a function of the culture system. For RSP in the 0-10 cm soil layer there was no effect of the treatments. In the 10-20 cm layer of soil there was interaction between treatments, and cultivar SF 15 presented higher RSP in the system with incorporated cover. In the 20-30 cm layer, the cultivars IPA 4202 and BRS Ponta Negra were the ones that presented lower RSP, and for this same layer the system with incorporated cover promoted the highest RSP. No-tillage is a viable alternative for sorghum production in the semi-arid region of Pernambuco, with SF 15 and no-tillage being the most recommended.

Keywords: Forage, Dry matter production, Soil resistance to penetration, *Sorghum bicolor*.

1. INTRODUÇÃO

A redução na produtividade das plantas forrageiras durante o período seco do ano é um dos principais entraves para a atividade da pecuária de ruminantes nas regiões semiáridas. Nesse contexto, o sorgo surge como uma alternativa para o Semiárido brasileiro, por ser uma planta que apresenta pouca necessidade de água e de insumos, mostrando-se adaptada a regiões de baixos índices pluviométricos e altas temperaturas do ar (OLIVEIRA et al., 2002). Além disso, apresenta boa adequação à mecanização, reconhecida fonte de energia para o arração animal e grande versatilidade, podendo ser utilizado como planta in natura, como silagem, na produção de grãos e, ainda, pastejo direto.

A necessidade de avaliações da adaptabilidade e potencial produtivo dos novos genótipos de sorgo é de grande importância para definir sua viabilidade de uso nos diversos sistemas produtivos de diversas regiões, proporcionando a adequada recomendação das cultivares promissoras para distintas condições edafoclimáticas.

No sistema convencional, a fertilidade dos solos é função principalmente da utilização de adubação química, normalmente aplicada a cada ciclo de cultivo, vinculando-se a nutrição da planta a uma alta produção da cultura.

No contexto da sustentabilidade, o sistema de plantio direto têm minimizado os problemas referentes à degradação do solo e proporcionado melhorias nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, em virtude do não revolvimento, da rotação de culturas e da manutenção de cobertura morta em superfície.

A incorporação da matéria orgânica ao solo ajuda a melhorar as suas características físico-químicas, com maior retenção de água no solo, enriquecimento com minerais, formação de agregados e aumento da Capacidade de Troca de Cátions (CTC) do solo, além de garantir a manutenção da microbiota (SANTOS & CAMARGO, 1999).

Dessa forma, a utilização de sistemas de cultivo que favoreçam a produção de forragem é de fundamental importância para o Semiárido brasileiro, pois possibilitará a oferta de forragens de alta qualidade nutricional e contribuirá para a sustentabilidade econômica da produção.

2. REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1 Cultura do sorgo

O sorgo é uma planta da família *Poaceae*, do gênero *Sorghum*, e da espécie *S. bicolor* L. Moench. A origem do sorgo está intimamente atribuída à África, embora algumas evidências apontem que possa ter havido duas regiões de dispersão independentes: África e Índia. A domesticação dessa cultura, segundo registros arqueológicos, deve ter acontecido por volta de 3000 a.C., cuja prática da domesticação e cultivo de outros cereais foi introduzida no Egito Antigo a partir da Etiópia (EMBRAPA, 2010).

No Brasil, sua introdução teve efetivação no Rio Grande do Sul, expandindo-se significativamente a partir de 1970. O interesse pela cultura no Brasil, a princípio, foi à redução do custo da tonelada de matéria verde de silagem produzida, através da introdução de variedades de porte alto (CARVALHO JÚNIOR et al., 2011).

Segundo Oliveira et al. (2002), o sorgo é uma cultura que apresenta alto potencial para alimentação animal, pois pode ser cultivado nas regiões semiáridas, por apresentar adaptação a seca e altas temperaturas, esse diferencial é importante em regiões com déficit hídrico e que não dispõem de irrigação. Essa gramínea tem se destacado em relação ao milho para produção de silagem por apresentar maior rendimento de matéria seca, especialmente em regiões com solo de fertilidade mais baixa, como também, onde a ocorrência de estiagens longas é frequente (ZAGO, 1991; GAGGIOTTI et al., 1992).

A utilização da cultura no país é praticamente toda para a alimentação animal, sendo que o sorgo granífero é utilizado na avicultura e suinocultura. Já para a alimentação de bovinos, tanto de corte, como leiteiro, o emprego do sorgo na dieta é feito em forma de silagem ou pastejo (RUBIN, 2011).

O sorgo além de ser um alimento de alto valor nutritivo, apresenta alta concentração de carboidratos solúveis, essenciais para conservação dessa forrageira na forma de silagem, pois apresenta adequada fermentação láctica, bem como altos rendimentos de matéria seca por unidade de área. Além disso, é usado devido ao seu potencial de produção de fitomassa, em condições de deficiência hídrica e solos pobres, tolerante a doenças e pragas, facilidade de cultivo e conservação, bom valor nutritivo, fonte de fibra e amido, além de excelente consumo animal, o que proporciona destacado desempenho na produção de carne e leite (LANDAU et al., 2013).

O sorgo é classificado como uma planta de metabolismo fotossintético do tipo C4 e por isso apresenta uma facilidade em permitir que seus sistemas de captação de luz suportem altas intensidades luminosas, facilitando sua adaptação ao déficit hídrico em relação aos outros cereais (ÉDER-SILVA et al., 2016). Devido à presença de cerosidade no colmo e folhas, o sorgo apresenta maior controle na abertura e fechamento dos estômatos (EMBRAPA., 2010).

O rendimento forrageiro do sorgo e sua capacidade de adaptação a ambientes que apresentam déficit hídrico são as principais características responsáveis pela viabilidade do cultivo. Silva et al. (2011) avaliando a produção de matéria seca de 25 híbridos de sorgo no Agreste Paraibano, observaram produção de matéria seca variando entre 7.679,87 e 20.948,70kg ha⁻¹.

2.2 Características agronômicas do sorgo

O sorgo é uma espécie forrageira que possui o sistema radicular do tipo fasciculado que pode chegar a 1,30 m, com 80% das raízes distribuídas nos primeiros 30 cm de profundidade. O caule é do tipo colmo, dividido em nós e entrenós, são cheios e de dureza mediana e o tipo sacarino tem caldo adocicado. Normalmente, a planta de sorgo possui apenas um colmo; porém, devido ao tipo, ao manejo e às condições ambientais, pode ocorrer perfilhamento. A folha é dividida em bainha e limbo ou lâmina foliar. São eretas quando novas, tendendo para a horizontalidade ao amadurecerem. A inflorescência é do tipo panícula e o fruto é do tipo cariopse ou grão seco (BORÉM et al., 2014).

Basicamente, o ciclo do sorgo pode ser dividido em três fases: vegetativa, reprodutiva e período de maturação do grão. A primeira fase caracteriza-se pela germinação, aparecimento da plântula, crescimento das folhas e estabelecimento do sistema radicular fasciculado. A segunda fase inicia-se quando o meristema apical se diferencia em meristema floral e vai até a antese. A terceira e última caracteriza-se pela maturação dos grãos e senescência das folhas (BORÉM et al., 2014).

O sorgo consiste em planta típica de clima quente, de características xerófilas, que além da sua baixa exigência em termos de fertilidade do solo, apresenta tolerância aos estresses abióticos, tais como: deficiência hídrica e salinidade (GOMES et al., 2006). De acordo com Ribas (2009) a temperatura ótima para o desenvolvimento do sorgo oscila

entre 16 e 38°C e é cultivado principalmente em locais de precipitação pluvial anual entre 375 e 625 mm.

Devido as suas características xerofíticas e ao eficiente mecanismo morfológico, a planta de sorgo tem a habilidade de se manter dormente durante o período de seca, retomando seu crescimento imediatamente após o restabelecimento das condições favoráveis (LANDAU & SANS, 2009).

Em condições de estresse hídrico, a planta possui mecanismos de defesa que diminuem o seu metabolismo (MAGALHÃES et al., 2003). De acordo com os mesmos autores, o sorgo também apresenta maior eficiência na utilização da água que outros cereais, uma vez que ele necessita de 330 litros de água para produzir 1 kg de matéria seca, enquanto o milho e o trigo necessitam de aproximadamente 370 e 500 litros, respectivamente.

Outra característica muito importante para essa cultura que proporciona certa vantagem em relação ao milho e algumas outras culturas bastante cultivadas no Semiárido é o seu sistema radicular. Essa gramínea possui sistema radicular bem desenvolvido, o que permite obtenção de água nas camadas mais profundas do solo (BOTELHO et al., 2010). A presença de sílica na endoderme, a lignificação do periciclo e o volume de pelos absorventes permitem ao sorgo maior tolerância ao déficit hídrico (BORÉM et al., 2014).

O sorgo é uma espécie vegetal considerada moderadamente tolerante à salinidade e está entre as espécies cultivadas que possuem genótipos com diferentes graus de tolerância ao estresse salino (LACERDA et al., 2006). Assim, torna-se uma excelente alternativa para manutenção da pecuária nas regiões semiáridas, uma vez que, possui diversos mecanismos de tolerância as condições edafoclimáticas intrínsecas a essas regiões.

2.3 Cultivares de sorgo

Para o estabelecimento de um sistema de produção, além da utilização de práticas culturais adequadas é fundamental a escolha de cultivares adaptadas às diferentes condições de cultivo (ALMEIDA FILHO et al., 2014). No Brasil, as cultivares de sorgos disponíveis para silagem são classificadas como forrageiras e de duplo propósito (para produção de forragem e grãos) (ALBUQUERQUE et al., 2010).

De acordo com Avelino et al. (2011b) a produção de silagem de boa qualidade inicia-se pela escolha da cultivar e esta escolha deve ser embasada em informações relativas às características agronômicas e qualitativas. Há no mercado disponibilidade de cultivares de sorgo para adaptar-se às diferentes regiões, sendo que numa mesma região tem-se a opção de escolha em função do ciclo, resistência e produtividade. Outra observação deve ser quanto à produção de grãos, pois quanto mais grãos na silagem, maior será o percentual de Nutrientes Digestíveis Totais (NDT), que é o teor de energia da silagem. O conveniente é fazer a escolha de acordo com o maior número de características desejáveis tais como ciclo, porte, participação de grãos, digestibilidade e teor de fibra, sanidade foliar, resistência a doenças e ao tombamento.

Segundo Tardin et al. (2013) existem dois grupos de sorgo que se destacam para produção de silagem: o sorgo granífero e de duplo-propósito. O primeiro apresenta maior proporção de grãos e geralmente são de porte inferior aos sorgos forrageiros, produzem silagens com excelente valor nutritivo em razão da presença de grãos. O de duplo-propósito produz silagem com valor nutritivo semelhante à silagem de milho em razão da elevada participação de grãos. A produção de matéria verde é, em média, 50 t/ha, no primeiro corte e, a produção da rebrota pode atingir até 50% da produção obtida no primeiro corte, se as condições de clima e solo forem favoráveis.

Dentre algumas cultivares de sorgo com excelente valor nutritivo e alto rendimento forrageiro, que apresentam mecanismos de tolerância aos estresses abióticos comuns nas regiões semiáridas, destacam-se as cultivares SF 15, IPA 2502, Qualimax, BRS Ponta Negra e IPA 4202.

A cultivar SF 15 é uma variedade sacarina de aptidão silageira, de porte alto e apresenta em média 2,50 a 3,50 m de altura, floresce dos 90 a 100 dias, produção de matéria seca de 15 a 18 t/ha, capacidade de rebrota elevada, recomendado para uso de corte e silagem além de sua resistência a pragas e doenças (DIVISÃO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA–DIPAP, 2016).

A cultivar IPA 2502 foi desenvolvida pelo IPA e lançada no ano 2000. É uma variedade de duplo propósito, para grãos e silagem, considerada de ciclo intermediário e porte médio, atingindo percentual de florescimento aos 70 dias após o semeio (COSTA et al., 2015). Kenga et al. (2006) verificaram que a floração precoce está ligada a estatura da planta. A produção de biomassa total varia de 20 a 30 t/ha, e a proteína bruta de 7 a 10%. Tem alta capacidade de rebrota e alta resistência ao tombamento (IPA, 2016).

O Qualimax é um híbrido forrageiro para produção de silagem de alta qualidade. É uma planta semiprecoce, apresentando porte alto, sistema radicular e colmo forte e resistente ao tombamento (SEMENTES AGROCERES, 2016).

O BRS Ponta Negra é uma variedade de duplo propósito, para grãos e silagem, apresenta maior precocidade e boa proporção de panículas na massa total. A cultivar BRS Ponta Negra foi obtida a partir de seleções pela Embrapa Milho e Sorgo, visando tolerância à toxicidade de alumínio e a seca, razão para sua inclusão na região semiárida. É destinada para produção de silagem e corte. É uma cultivar que se desenvolve na estação quente e alcança uma média de 2,00 a 2,50 m de altura, apresenta resistência ao acamamento e apresenta alta produção de biomassa (GRUPO SANTANA, 2016).

A cultivar IPA 4202 apresenta ciclo precoce, porte intermediário e é indicada para produção de feno, silagem e pastejo. É um material tolerante à salinidade do solo, apresenta em média 2,30 m de altura, alta capacidade de perfilhamento e rebrota, resistente a pragas e doenças. Tolerante a seca, esta cultivar apresenta excelente qualidade e altos rendimentos forrageiros. Recomenda-se efetuar seu corte entre 75 a 80 dias após a semeadura, com 10 a 15 cm do solo, cuja produção gira em torno de 100 toneladas de massa verde/ha/ano, em quatro cortes (GRUPO POZZA, 2016).

O desenvolvimento de cultivares de sorgo com boas produções quando comparados a milho para silagem, tem feito dessa forrageira alternativa para área de solos arenosos e com curtos períodos de estação chuvosa (BEYAERT & ROY, 2005). Segundo Avelino et al. (2011a) estudos devem ser direcionados para a indicação de cultivares e condições de cultivo adaptados às características climáticas regionais, visando à otimização dos recursos disponíveis.

2.4 Sistemas de cultivo

No sistema convencional o manejo intensivo e inadequado do solo é o principal agente de degradação das áreas agrícolas, tornando o sistema produtivo insustentável. Esse sistema consiste na aração primária (profunda) com arado de disco, aiveca ou grade aradora pesada, seguida de operações secundárias de preparo, com até duas gradagens niveladoras. No preparo convencional do solo é realizado um revolvimento intensivo nas camadas superficiais do solo, aumentando desta forma, a possibilidade de

translocação de argila no perfil, a compactação do solo, as erosões e a oxidação da matéria orgânica (ANDRADE et al., 2009).

O sistema de plantio direto tem como função a implantação da cultura sem o revolvimento do solo, ocorrendo, apenas, a sulcagem na linha de cultivo durante a semeadura. Nesse sistema, também ocorre à manutenção de resíduos vegetais de culturas antes estabelecidas na área e a diversificação de espécies via rotação de culturas. Portanto, diversificar as espécies de uma área de cultivo seguindo um programa sequencial devidamente planejado e ordenado é fundamental para o sucesso da implantação desse manejo (SILVA, 2007).

A cobertura do solo bem estabelecida evita a ação do impacto da gota de chuva, promove controle de plantas daninhas, favorece uma maior umidade no solo diminuindo as perdas por evaporação, mantém a temperatura do solo estabilizada, propiciando melhor acúmulo de matéria orgânica no solo, que, conjuntamente, melhoram as características químicas e físico-hídricas. A camada de palha sobre o solo é essencial para o sucesso do sistema de plantio direto, contribuindo para o controle de plantas daninhas, estabilização da produção e recuperação ou manutenção da qualidade do solo (MENEZES et al., 2009).

Justo et al. (2012) avaliando o plantio direto e convencional para produção de silagem de milho, afirmaram que a relação custo e benefício, quando as duas técnicas foram comparadas, apresenta maior recuperação dos investimentos para o plantio direto, provavelmente porque o número de operações no plantio convencional é maior.

A implantação do sistema plantio direto em áreas agropecuárias semi-degradadas ou degradadas requer o restabelecimento de qualidade dos atributos físico-químicos e biológicos do solo inicialmente, o que pode levar de cinco a seis anos, até atingir-se um novo equilíbrio que permita ao sistema a expressão de seu potencial produtivo em termos técnicos, econômicos e ambientais. Além disso provoca uma compactação do solo devido ao não revolvimento do mesmo.

A incorporação de matéria orgânica ao solo promove uma melhora nas suas características químicas, físicas e biológicas (CANELLAS et al., 2001). Atuando diretamente nas características biológicas do solo, a matéria orgânica pode ser utilizada como fonte de energia, nutrientes e de carbono para o metabolismo microbiano (SANTOS & CAMARGO, 1999).

3. OBJETIVOS

3.1 Geral

- Avaliar características agronômicas de cultivares de sorgo sob distintos sistemas de cultivo (convencional, plantio direto e com incorporação de matéria orgânica ao solo) e os impactos desses sistemas de cultivo nas propriedades físico-hídricas do solo em condições de campo no Semiárido pernambucano.

3.2 Objetivos específicos

- Avaliar a capacidade adaptativa de cinco cultivares de sorgo em três sistemas de cultivo (convencional, com incorporação de matéria orgânica no solo e plantio direto) no Sertão de Pernambuco;
- Avaliar o efeito dos sistemas de cultivo sobre o crescimento e rendimento forrageiro dos cultivares de sorgo;
- Avaliar a influência de três sistemas de cultivo com sorgo (convencional, com cobertura na superfície do solo e com cobertura incorporada ao solo) nas propriedades físico-hídricas do solo;
- Avaliar a influência de três sistemas de cultivo e de cinco cultivares de sorgo na resistência do solo à penetração.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO

O ensaio experimental foi conduzido durante o ano de 2016 com irrigação, sobre um Argissolo Vermelho Amarelo na Estação Experimental Dr. Lauro Ramos Bezerra, (07° 59' 00'' S, 38° 19' 16'' W. Gr. e 500 m de altitude), pertencente ao Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA, situada no município de Serra Talhada, Microrregião do Sertão do Pajeú, Mesorregião do Sertão Pernambucano.

Segundo Köppen, o clima local é do tipo BSw^h (muito seco, com estação chuvosa no verão). A precipitação pluvial média anual fica em torno 632 mm, com o período mais chuvoso concentrado nos meses de janeiro a abril e é responsável por 65% das chuvas anuais. As temperaturas do ar médias mensais oscilam entre 23,6 e 27,7 °C,

as temperaturas mínimas entre 18,4 e 21,6 °C e as temperaturas mais altas ocorrem durante os meses de novembro, dezembro e janeiro, com valores superiores a 32°C (LIMA, 2012; SECTMA, 2006).

Foi utilizado o delineamento experimental em blocos casualizados, disposto em parcelas subdivididas, com quatro repetições. Os tratamentos nas parcelas principais consistiram de três sistemas de cultivo (tradicional, plantio direto e com incorporação de matéria orgânica) e nas subparcelas foram avaliadas cinco cultivares de sorgo: SF 15 (SEAGRI-AL/IPA), IPA 2502 (IPA), Qualimax, IPA 4202 (IPA) e BRS Ponta Negra (EMBRAPA). Todas estas cultivares estão regulamentadas no Registro Nacional de Cultivares (RNC) do Ministério da Agricultura.

A parcela experimental de 20,0 m² (5,0 m x 4,0 m) foi constituída de cinco linhas de sorgo de 5,0 m de comprimento, espaçadas 0,80 m entre si. As avaliações foram efetuadas em plantas das três linhas centrais, excetuando-se um metro nas extremidades de cada linha, perfazendo uma área útil de 7,2 m² (3,0 m x 2,4 m).

Para o preparo inicial da área experimental, que se encontrava em repouso por mais de cinco anos, foi realizada na parcela do sistema tradicional uma gradagem e sulcamento das linhas de semeio. Na parcela do sistema de plantio direto foi efetuada, inicialmente, uma dessecação da vegetação existente, predominando o carrapicho (*Cenchrus echinatus* L.) com o herbicida glifosato, na dose de 3,5 L/ha e após a secagem e morte completa das plantas, foi realizado o sulcamento das linhas de semeio, permanecendo a cobertura morta, com uma espessura de aproximadamente 5,0 cm e para o sistema com matéria orgânica incorporada foi realizada uma dessecação da vegetação existente com o herbicida glifosato, na dose de 3,5 L/ha e após a secagem e morte completa das plantas, foi realizada uma gradagem para incorporação da matéria orgânica e foi realizado o sulcamento das linhas de semeio.

A semeadura manual foi realizada a uma profundidade de 2,0 a 4,0 cm. No momento do semeio, foi feita uma adubação de base, na linha de semeadura, com 30 kg ha⁻¹ de nitrogênio (ureia), 40 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (super fosfato simples) e 60 kg ha⁻¹ de K₂O (cloreto de potássio). Foram realizadas duas adubações de cobertura, aos 25 e 40 dias após a emergência (DAE) da cultura, utilizando-se 50 kg ha⁻¹ de nitrogênio (ureia) em cada aplicação, seguindo as recomendações de adubação do IPA para cultivares de sorgo (CAVALCANTI, 1998). A aplicação de nitrogênio em cobertura ocorreu na fileira junto das plantas e foi incorporado ao solo com o auxílio de enxadeco.

Aos 20 dias após a emergência (DAE) foi realizado o desbaste, deixando 15 plantas por metro linear, perfazendo uma densidade populacional de 187.500 plantas/ha. O controle de pragas, doenças e plantas infestantes foi feito similarmente para todos os tratamentos, evitando-se a interferência desses fatores nos resultados. Foram utilizadas iscas formicidas para o controle de formiga cortadeira (*Atta* spp.) e o controle de plantas infestantes durante o experimento foi feito através de capina manual. Para controlar o ataque de pássaros, foram colocados sacos de papel em todas as panículas das plantas avaliadas.

4.2. AVALIAÇÃO DAS PLANTAS

Na ocasião do corte de cada cultivar foram avaliados em nove plantas: altura de planta; e número de folhas vivas.

A altura de planta foi mensurada com trena milimetrada, considerando-se a distância vertical do colo ao final da última folha completamente desenvolvida. Na determinação do número de folhas vivas por perfilho foram contabilizadas todas as folhas que apresentaram, no mínimo, 50% de sua coloração verde (COUTINHO et al., 2015).

O ponto de colheita foi determinado respeitando o estágio de desenvolvimento da planta, sendo efetuado com os grãos pastosos, sendo este avaliado em campo através da coleta dos grãos. O corte das plantas foi efetuado de forma manual a uma altura de aproximadamente, 10 cm do solo, com pesagem em campo, utilizando balança digital pendular, das três filas centrais perfazendo uma área útil de 7,2 m² para determinação da produção em matéria verde (PMV) da parcela. A PMV por hectare foi determinada pelo produto entre a produção por metro linear e a quantidade de metros lineares em um hectare.

Aleatoriamente, duas plantas foram secas em estufa de ventilação forçada a 65°C até peso constante, para determinação do teor de matéria seca (MS) Conforme Elias et al. (2016). A produção de MS por hectare foi determinada pelo produto entre o teor de MS e a PMV por hectare.

Os resultados obtidos foram expressos por média e submetidos ao teste de normalidade de Kolmogorov – Sminorv. Foi aplicado análise de variância, sendo as

médias comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade para rejeição da hipótese de nulidade. Foi utilizado o software R – project versão 2.13.1.

4.3. AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICO – HÍDRICAS

Foram determinadas as seguintes propriedades físico-hídricas: densidade do solo (Ds), sorvidade (So), condutividade hidráulica do solo saturado (Ks), Curva de condutividade hidráulica de água no solo, curva de retenção de água no solo, umidade na capacidade de campo (CC), umidade no ponto de murcha permanente (PM) e capacidade de armazenamento de água no solo (CAD).

4.3.1 Densidade do solo

Para determinação da densidade do solo (Ds) foram coletadas amostras indeformadas a partir de um cilindro de volume conhecido acoplado ao trado tipo Uhlund. Em seguida, as amostras foram secas em estufa a 105 °C, por 48 h, para determinação da densidade do solo.

4.3.2. Condutividade hidráulica saturada e sorvidade do solo

As propriedades físico hídricas foram determinadas a partir da metodologia Beerkan, proposta por Souza et al. (2008). Esse método leva em consideração a curva de infiltração de água no solo para determinação da Condutividade hidráulica saturada e sorvidade do solo. Assim, foram realizados em cada parcela ensaios de infiltração com o infiltrômetro de anel simples, na superfície do solo. Os ensaios de infiltração consistiram em se anotar o tempo que volumes constantes de água (100 mL), adicionados continuamente no anel com 12,7 cm de diâmetro levaram para ser infiltrados; esse teste fornece a infiltração tridimensional axissimétrica como uma função do tempo $I_3(t)$. Considerando um potencial de pressão uniforme e igual a zero, a taxa de infiltração $q(t)$ foi obtida pela Equação 4 (HAVERKAMP et al., 1994).

$$I(t) = S\sqrt{t} + [aS^2 + bK_s]t \quad (4)$$

$$q(t) = \frac{S}{2\sqrt{t}} [aS^2 + bK_s] \quad (5)$$

com,

$$a = \frac{\gamma}{r\Delta\theta} \quad (6)$$

$$b = \left(\frac{\theta}{\theta_s}\right)^\eta + \frac{2-\beta}{3} \left(1 - \left(\frac{\theta}{\theta_s}\right)^\eta\right) \quad (7)$$

$$c = \frac{1}{2 \left[1 - \left(\frac{\theta}{\theta_s}\right)^\eta\right] (1-\beta)} \ln\left(\frac{1}{\beta}\right) \quad (8)$$

sendo S a sorvidade [$\text{mms}^{-1/2}$], K_s a condutividade hidráulica saturada [mms^{-1}], r o raio do cilindro [mm], θ igual a 0,75 e θ igual a 0,60.

4.3.3. Curva de retenção de água no solo $\theta(h)$ e curva de condutividade hidráulica $k(\theta)$

A curva de retenção de água no solo $\theta(h)$ e curva de condutividade hidráulica $K(\theta)$, foram determinadas a partir da metodologia denominada de Beerkan, proposta por Souza et al. (2008). Essa metodologia vale-se de propriedades estáticas e dinâmicas do solo, como a curva de distribuição do tamanho das partículas (areia, silte e argila) e a curva de infiltração da água no solo, respectivamente, para obter os parâmetros (n , η , θ_s , K_s e h_g).

Na metodologia Beerkan a curva de retenção de água no solo $\theta(h)$ e $K(\theta)$ a condutividade hidráulica não saturada são descritas, respectivamente, pelo modelo de van Genuchten:

$$\theta(h) = \theta_s \left[1 + \left(\frac{h}{h_s} \right)^n \right]^{-m} \quad \text{com} \quad m = 1 - \frac{2}{n} \quad (9)$$

$$K(\theta) = K_s \left(\frac{\theta}{\theta_s} \right)^\eta \quad (10)$$

sendo θ o conteúdo volumétrico de água inicial [$\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$], θ_s o conteúdo volumétrico de água saturado [$\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$]; h [cm] potencial matricial ($h = \theta_m$); h_g [cm] um valor de escala de h ; m , n e η parâmetros de forma; K_s a condutividade hidráulica saturada do solo [mm.s^{-1}].

Essas funções contêm cinco parâmetros desconhecidos: dois parâmetros de forma (m ou n e θ) e três parâmetros de normalização (θ_s , K_s e h_g). Os parâmetros de forma dependem principalmente da textura (HAVERKAMP et al., 1998), enquanto os parâmetros de normalização resultam da estrutura dos solos. Obtiveram-se os parâmetros de forma e normalização usando-se o programa BEST (*Beerkan Estimation of Soil Transfer Parameters through Infiltration Experiments*) proposto por Lassabatère et al. (2006).

Para se obter os parâmetros de normalização (θ_s , K_s , h_g) foram realizados ensaios de infiltração, utilizando-se o infiltrômetro de anel simples em cada parcela. Em cada ensaio foram coletados amostras deformadas para determinação das umidades volumétricas inicial θ_0 e final θ_s .

Para determinação dos parâmetros de forma, ou seja, os parâmetros ligados à textura do solo, foram realizadas coletas de solo em todos os pontos em que foram realizados os ensaios de infiltração. A curva granulométrica foi obtida pelo método da ABNT, o qual permite determinar os diâmetros das partículas mais finas (argila e silte) por sedimentação e as mais grosseiras (areia) por peneiramento.

A umidade na capacidade de campo (CC) e no ponto de murcha permanente (Pm) foram determinadas através da curva de retenção de água no solo, considerando-se para CC uma tensão de 0,33 ATM e para PM de 15 ATM. A capacidade de armazenamento de água no solo (CAD) foi obtida subtraindo-se a umidade no ponto de murcha da umidade da capacidade de campo.

4.4. RESISTÊNCIA DO SOLO À PENETRAÇÃO

Os testes de resistência do solo à penetração (RSP) foram realizados no centro das unidades experimentais, após o terceiro corte do sorgo. Foi determinada através da metodologia de Stolf et al. (2005), utilizando-se um penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar-Stolf que possui como princípio de funcionamento a penetração de uma haste graduada em centímetros de ponta fina (30°), onde a partir de cada impacto de um peso de massa conhecida, que desce em queda livre a uma altura constante, será medida a penetração da haste no solo. Os referidos testes foram realizados até a profundidade de 30 cm, e os valores de RSP integrados para camadas de 10 cm de espessura. Paralelo aos testes de RSP, uma amostra de solo foi coletada, para determinação do conteúdo de água no solo.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Características agronômicas do sorgo

A cultivar SF 15 apresentou maior altura de planta em relação às outras cultivares (187,54 cm), uma vez que essa cultivar é classificada como de porte alto, o que explica o seu maior crescimento em comparação as outras cultivares (Tabela 1).

Não houve diferença significativa em relação ao número de folhas vivas entre as cultivares. Não houve diferença significativa para produção de matéria seca (PMS) entre as cultivares SF 15 e Ponta Negra, sendo os valores de PMS da cultivar SF 15 superiores em quase o dobro da produção, das cultivares IPA 2502, Qualimax e IPA 4202.

Von Pinho et al. (2007) constataram valores de PMS oscilando de 3.000,0 Kg ha⁻¹ a 16.000,0 Kg ha⁻¹ para a cultura do sorgo.

Tabela 1. Efeito das cultivares de sorgo nas características agronômicas avaliadas

Cultivar	Altura de planta (cm)	Número de folhas vivas	Produção de matéria seca (kg/ha)
SF 15	187,54 a	16,11 a	16.122,88 a
IPA 2502	92,92 d	12,08 a	9.348,35 b
QUALIMAX	121,79 c	13,56 a	9.055,40 b
IPA 4202	160,85 b	11,63 a	8.169,86 b
Ponta Negra	160,85 b	14,75 a	15.235,67 a

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas colunas, não diferem estatisticamente de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$).

Quando avaliou-se o comportamento dos genótipos em cada sistema de cultivo (Tabela 2). Verificou-se que o sistema de plantio direto promoveu maior altura de planta, uma vez que promove maior umidade no solo e menor perda por evaporação promovendo assim maior crescimento das plantas, sendo que não apresentou diferença significativa em relação ao sistema com incorporação de matéria orgânica ao solo. O sistema de plantio direto promoveu um maior número de folhas vivas em relação aos demais sistemas. O sistema de plantio direto promoveu uma maior produção de matéria seca (13.553,76 kg/ha), provando que devido a maior umidade no solo promovida por esse sistema promove um maior desenvolvimento das plantas, mostrando que esse sistema tem influência positiva em todas as características agronômicas avaliadas.

Tabela 2. Efeito dos sistemas de cultivo de sorgo nas características agronômicas avaliadas

Sistemas de manejo	Altura de planta (cm)	Número de folhas vivas	Produção de matéria seca (kg/ha)
Sistema 1	132,05 b	11,24 b	9.509,22 c
Sistema 2	157,30 a	16,37 a	13.553,76 a
Sistema 3	143,05 ab	13,26 b	11.696,32 b

Sistema 1 – convencional, sistema 2 – plantio direto, 3 – incorporação de matéria orgânica ao solo. Médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas colunas, não diferem estatisticamente de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$).

5.2. Propriedades físico hídricas do solo

As variáveis densidade do solo (Ds), sorvidade (So) e Ponto de murcha permanente (PMP) não apresentaram diferença significativa em função dos tratamentos, apresentando valores médios de $1,38 \text{ g cm}^{-3}$, $0,75 \text{ mm s}^{-1}$ e $0,03 \text{ cm}^3\text{cm}^{-3}$, respectivamente (Tabela 3 e 4).

Tabela 3. Respostas da Sorvidade, Densidade do solo e Umidade no ponto de murcha permanente a diferentes sistemas de manejo da cultura do sorgo

Sistemas de manejo	Densidade do solo (g cm^{-3})	Sorvidade (mm s^{-1})	PMP ($\text{cm}^3\text{cm}^{-3}$)
Sistema 1	1,38 a	0,69 a	0,03 a
Sistema 2	1,40 a	0,83 a	0,03 a
Sistema 3	1,38 a	0,75 a	0,04 a
Média	1,38	0,75	0,03

Sistema 1 – convencional, sistema 2 – plantio direto, 3 – incorporação de matéria orgânica ao solo, PMP ponto de murcha permanente.

Tabela 4. Respostas da sorvidade, densidade do solo e umidade no ponto de murcha permanente a diferentes cultivares de sorgo

Cultivar	Densidade do solo (g cm^{-3})	Sorvidade (mm s^{-1})	Ponto de murcha ($\text{cm}^3\text{cm}^{-3}$)
SF 15	1,34 a	0,78 a	0,03 a
IPA 2502	1,43 a	0,97 a	0,05 a
QUALIMAX	1,35 a	0,68 a	0,03 a
IPA 4202	1,41 a	0,72 a	0,03 a
Ponta Negra	1,40 a	0,65 a	0,02 a

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de tukey a 5%

A densidade do solo é importante pois se o seu valor encontrar-se acima de $1,55 \text{ g/cm}^3$ torna-se limitador ao crescimento radicular e conseqüentemente, ao pleno desenvolvimento das culturas (CAMARGO & ALLEONI, 1997), influenciando

diretamente na porosidade do solo (quando ocorre aumento no valor da densidade ocorre uma diminuição na porosidade), auxiliando na determinação do grau de compactação do solo. Com isso podemos perceber que o tipo de sistema de cultivo utilizado e as cultivares não tiveram influência sobre essas propriedades.

As variáveis condutividade hidráulica do solo saturado (K_s), umidade na capacidade de campo (CC) e capacidade de armazenamento de água no solo (CAD) apresentaram interação entre os tratamentos, sendo que a combinação IPA 2502 com cobertura na superfície do solo promoveu maior valor de K_s ($0,128 \text{ mm s}^{-1}$) (Tabela 5), o que possibilita a movimentação da água com mais facilidade ao longo do perfil do solo interferindo diretamente na produção das culturas agrícolas.

Tabela 5. Interação entre sistemas de manejo e cultivares de sorgo na condutividade hidráulica, capacidade de água disponível, umidade na capacidade de campo do solo

Sistemas de manejo	Cultivares de sorgo				
	C1	C2	C3	C4	C5
----- Condutividade hidráulica (mm s^{-1}) -----					
Sistema 1	0,009 bA	0,023 bA	0,026 aA	0,049 aA	0,061 ab
Sistema 2	0,036 abB	0,128 aA	0,068 aAB	0,046 aB	0,100 aAB
Sistema 3	0,081 aA	0,068 abA	0,068 aA	0,024 aA	0,035 bA
----- Capacidade de água disponível ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) -----					
Sistema 1	0,103 bB	0,166 bB	0,186 bB	0,232 aA	0,251 bA
Sistema 2	0,229 aA	0,344 aA	0,269 aA	0,221aA	0,309 aA
Sistema 3	0,287 aA	0,205 bA	0,230 aA	0,181 aA	0,212 bA
----- Umidade na capacidade de campo ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) -----					
Sistema 1	0,188 b B	0,254 b AB	0,262 aAB	0,298 aAB	0,309 aA
Sistema 2	0,311 aAB	0,403 aA	0,322 aAB	0,283 aB	0,349 aAB
Sistema 3	0,188 bA	0,323 abA	0,309 aA	0,252 aA	0,281 aA

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas na linha não diferem estatisticamente pelo teste de tukey a 5%. Sistema 1 – convencional, sistema 2 – com cobertura na superfície, sistema 3 – com cobertura incorporada ao solo, C1 – SF 15, C2 – IPA 2502, C3 – Qualimax, C4 – IPA 4202, C5 – Ponta negra.

A CC seguiu a mesma dinâmica da CAD, sendo que para todas as cultivares a CAD foi superior no sistema de plantio direto, sendo a exceção a cultivar IPA 4202 que

não apresentou diferença em função do sistema de cultivo, que para regiões semiáridas é de extrema importância, pois possibilita uma maior quantidade de água disponível para as plantas.

5.3. Resistência do solo a penetração (RSP)

As umidades do solo no momento dos testes de resistência a penetração do solo, podem ser observadas nas Tabela 6 e 7, a determinação da umidade no momento dos testes de penetração é importante pois a mesma interfere diretamente com essa resistência.

Tabela 6. Variação da umidade do solo no momento da realização dos testes de resistência do solo a penetração, em função dos sistemas de cultivo de sorgo

Sistemas de manejo	Umidade do solo de 0-10 cm (g g ⁻¹)	Umidade do solo de 10-20 cm (g g ⁻¹)	Umidade do solo de 20-30 cm (g g ⁻¹)
Sistema 1	0,010 a	0,020 a	0,032 a
Sistema 2	0,015 a	0,024 a	0,034 a
Sistema 3	0,011 a	0,020 a	0,032 a

Sistema 1 – convencional, sistema 2 – plantio direto, 3 – incorporação de matéria orgânica ao solo.

Nota-se que não houve interação entre os tratamentos e que as umidades nas camadas de 0-10 cm e 10-20 cm encontram-se abaixo da umidade no ponto de murcha permanente, sendo analisado os efeitos isolados, não havendo efeito dos sistemas de cultivo, contudo as cultivares Qualimax, IPA 462 e Ponta negra favoreceram uma maior umidade do solo na camada de 20-30 cm (Tabela 7).

Tabela 7. Variação da umidade do solo no momento da realização dos teste de resistência do solo à penetração, em função das cultivares de sorgo

Cultivar	Umidade do solo de 0-10 cm (g g ⁻¹)	Umidade do solo de 10-20 cm (g g ⁻¹)	Umidade do solo de 20-30 cm (g g ⁻¹)
SF 15	0,011 a	0,023 a	0,021 b
IPA 2502	0,014 a	0,021 a	0,021 b
QUALIMAX	0,011 a	0,022 a	0,025 ab
IPA 4202	0,013 a	0,020 a	0,067 a
Ponta Negra	0,012 a	0,021 a	0,029 ab

Para a RSP na camada de solo de 0-10 cm não houve efeito dos tratamentos (Tabela 8), o que mostra que o sistema radicular do sorgo não teve influência a essa profundidade.

Tabela 8. Resistência do solo à penetração em função dos sistemas de cultivo de sorgo

Sistemas de manejo	Resistência do solo de 0-10 cm (MPa)	Resistência do solo de 10-20 cm (MPa)	Resistência do solo de 20-30 cm (MPa)
Sistema 1	8,94 a	-	12,69 b
Sistema 2	5,75 a	-	16,48 ab
Sistema 3	9,08 a	-	18,42 a

Sistema 1 – convencional, sistema 2 – plantio direto, 3 – incorporação de matéria orgânica ao solo.

Na camada de 20-30 cm, as cultivares IPA 4202 e Ponta negra foram as cultivares que apresentaram menor RSP (Tabela 9), mostrando que os tratamentos e os sistemas de cultivo interferem diretamente na estrutura do solo, sendo que para essa mesma camada o sistema com cobertura incorporada promoveu a maior RSP, esses valores altos de RSP estão relacionados diretamente com a umidade do solo que encontra-se muito seco, o que interfere de forma negativa no desenvolvimento do sistema radicular e conseqüentemente na produtividade, pois o solo encontra-se compactado, comportamento semelhante também foi observado por Tavares Filho et al. (2001) que encontraram maior RSP no sistema de cultivo convencional nas camadas

mais profundas do solo, os mesmos relacionam essa maior resistência à formação de “pé de grade” no momento da aração.

Tabela 9. Resistência do solo à penetração em função de cultivares de sorgo

Cultivar	Resistência do solo de	Resistência do solo de	Resistência do solo de
	0-10 cm (MPa)	10-20 cm (MPa)	20-30 cm (MPa)
SF 15	8,76 a	-	19,00 a
IPA 2502	7,17 a	-	17,69 a
QUALIMAX	9,04 a	-	17,23 a
IPA 4202	7,47 a	-	13,08 b
Ponta Negra	7,17 a	-	12,32 b

Na camada de 10-20 cm de solo houve interação entre os tratamentos, sendo que a cultivar SF 15 apresentou maior RSP no sistema com cobertura incorporada (Tabela 10).

Tabela 10. Desdobramento da interação entre sistemas de cultivo e cultivares de sorgo na resistência do solo à penetração na camada de 10-20 cm

Sistemas de manejo	Cultivares de sorgo				
	SF 15	IPA 2502	QUALIMAX	IPA 4202	PONTA NEGRA
	----- Resistência do solo a penetração (MPa) -----				
Sistema 1	16,48 bA	16,11 aA	20,74 aA	18,85 aA	11,50 aA
Sistema 2	23,56 bA	26,98 aA	11,84 aA	15,70 Aa	14,04 aA
Sistema 3	43,56 Aa	23,51 aB	12,55 aB	30,80 Aab	17,89 aB

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas na linha não diferem estatisticamente pelo teste de tukey a 5%. Sistema 1 – convencional, sistema 2 – com cobertura na superfície, sistema 3 – com cobertura incorporada ao solo.

5.4. Curva de retenção de água no solo e curva de condutividade hidráulica de água no solo

A determinação da curva de retenção de água no solo é muito importante, pois expressa a relação entre o potencial mátrico e a umidade do solo (NASCIMENTO et al., 2010). A cultivar IPA 2502 no sistema convencional (C2S1) promoveu uma melhor curva de retenção de água no solo. A determinação da curva de condutividade hidráulica de água no solo é importante porque expressa a relação entre a condutividade e a umidade do solo. A cultivar SF15 no sistema de plantio direto (C1S2) proporcionou uma melhor curva de condutividade hidráulica, Mostrando assim uma melhor condução da água.

Tabela 11. Parâmetros que descrevem a curva de retenção de água no solo e a curva de condutividade hidráulica de água no solo

Tratamentos	Parâmetros					
	θ_s (cm ³ /cm ³)	hg (mm)	Ks (mm/h)	N	eta	M
C1S1	0,44	-21,64	0,02	2,28	10,22	0,12
C1S2	0,52	-19,55	0,04	2,28	10,26	0,12
C1S3	0,49	-9,57	0,11	2,28	10,15	0,12
C2S1	0,47	-32,43	0,03	2,28	10,18	0,12
C2S2	0,47	-23,62	0,16	2,3	9,72	0,13
C2S3	0,46	-12,06	0,05	2,3	9,77	0,13
C3S1	0,48	-13,79	0,06	2,28	10,23	0,12
C3S2	0,46	-7	0,08	2,29	9,94	0,13
C3S3	0,47	-24,77	0,06	2,28	10,26	0,12
C4S1	0,46	-12,59	0,06	2,27	10,34	0,12
C4S2	0,45	-21,1	0,03	2,29	9,92	0,13
C4S3	0,46	-13,64	0,03	2,29	9,99	0,13
C5S1	0,46	-9,28	0,06	2,27	10,34	0,12
C5S2	0,46	-10,27	0,05	2,3	9,66	0,13
C5S3	0,47	-13,95	0,04	2,28	10,05	0,12

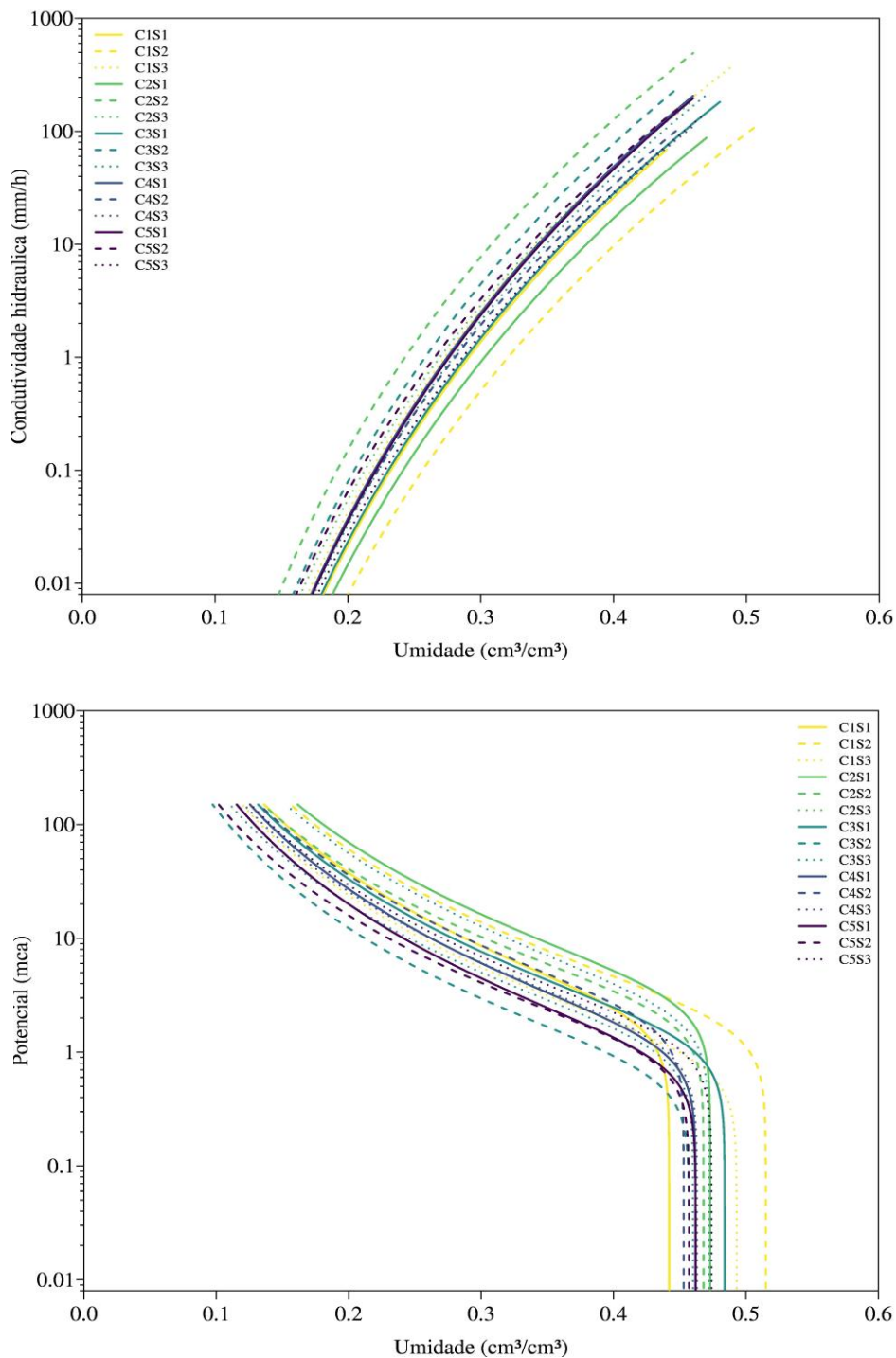


Figura 1. Curva de condutividade hidráulica de água no solo (A) Curva de retenção de água no solo (B) em função dos diferentes sistemas de cultivo e cultivares se sorgo. C1S1 – SF 15 em sistema convencional, C1S2 – SF 15 em sistema plantio direto, C1S3 – SF 15 em sistema incorporação da matéria orgânica, C2S1 – IPA 2502 em sistema convencional, C2S2 – IPA 2502 em sistema plantio direto, C2S3 – IPA 2502 em sistema incorporação da matéria orgânica, C3S1 – Qualimax em sistema convencional, C3S2 – Qualimax em sistema plantio direto, C3S3 – Qualimax em sistema incorporação da matéria orgânica, C4S1 – IPA 4202 em sistema convencional, C4S2 – IPA 4202 em sistema plantio direto, C4S3 – IPA 4202 em sistema incorporação da matéria orgânica, C5S1 – Ponta negra em sistema convencional, C5S2 – Ponta negra em sistema plantio direto, C5S3 – Ponta negra em sistema incorporação da matéria orgânica.

6. CONCLUSÕES

O sistema de plantio direto é uma alternativa viável para produção de sorgo no Semiárido pernambucano, sendo a combinação SF 15 e sistema plantio direto a mais recomendada.

A cobertura morta melhora as propriedades físico-hídricas do solo, independentemente de sua incorporação, nas condições edafoclimáticas do Semiárido pernambucano.

A técnica de incorporação de matéria orgânica ao solo não é recomendada para promover uma menor compactação do solo, além de aumentar os custos de produção.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE. C. J. B.; PARRELA. R. A. C.; TARDIN. F. D.; BRANT. R. S.; SIMÕES. D. A.; FONSECA JÚNIOR. W. B.; OLIVEIRA R. M.; JESUS. K. M. Potencial forrageiro de cultivares de sorgo sacarino em diferentes arranjos de plantas e localidades de Minas Gerais. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO. 28.; SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE LAGARTA DO CARTUCHO, 4., 2010. Anais... Goiânia. ABMS. 2010. 1 CD-ROM.

ALMEIDA FILHO, J.E.; TARDIN, F.D.; DAHER, R.F.; SILVA, K.J.; XAVIER NETO, J.B.; BASTOS, E.; LOPES, V.S.; BARBÉ, T.C.; MENEZES, C.B. Avaliação agronômica de híbridos de sorgo granífero em diferentes regiões produtoras do Brasil. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.13, n.1, p. 82-95, 2014.

ANDRADE, C.; ALCÂNTARA, F. A.; MADEIRA, N. R.; SOUZA, R. F. Erosão hídrica em um Latossolo Vermelho cultivado com hortaliças sob diferentes sistemas de manejo. In: **Anais...** CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 32., 2009.

AVELINO, P. M.; NEIVA, J. N. M.; ARAUJO, V. L. de; ALEXANDRINO, E.; SANTOS, A. C. dos.; RESTLE, J. Características agronômicas e estruturais de híbridos

de sorgo em função de diferentes densidades de plantio. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 534-541, 2011a.

AVELINO, P.M. et al. Composição bromatológica das silagens de híbridos de sorgo cultivados em diferentes densidades de plantas. Centro de Ciências Agrárias- Universidade Federal do Ceará, CE. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n.1, p 208-215, 2011b.

BEYAERT, R. P.; ROY, R. C. Influence of nitrogen fertilization on multi-cut forage sorghum-sudangrass yield and nitrogen use. **Agronomy Journal, Madison**, v. 97, p. 1493-1501, 2005.

BORÉM, A.; PIMENTEL, L. D.; PARRELLA, R. A. C. de (2014). Sorgo do plantio a colheita . **Viçosa, MG**: ed. UFV, 2014.

BOTELHO, P. R. F.; PIRES, D. A. A. de.; SALES, E. C. J. de.; JÚNIOR, V. R. R.; JAYME D. G.; REIS, S. T. dos. Avaliação de genótipos de sorgo em primeiro corte e rebrota para produção de silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.9, n.3, p. 287-297, 2010.

CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas. Piracicaba: **ESALQ**, 1997. 132p

CANELLAS, L. P.; SANTOS, G. A.; RUMJANEK, V. M., ANSELMO ALPANDE MORAES, A. A. E GURIDI, F. Distribuição da matéria orgânica e características de ácidos húmicos em solos com adição de resíduos de origem urbana. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 12, p. 1529-1538, 2001.

CARVALHO JUNIOR, G. A.; TARDIN, F. D.; BERNADINO, K. C.; GODINHO, V. P. C.; SCHAFFERT, R. E. 2011. Avaliação da variabilidade do período de enchimento de grãos em sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. In: Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas, 6. Búzios. **Anais...Panorama atual e perspectivas do melhoramento de plantas no Brasil: SBMP, 2011. 1 CD-ROM**

CAVALCANTI, F. J. A. **Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco**, 2ª aproximação. Recife, Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA, 1998. 198p

COSTA, E. J. B.; SOUZA, E. S.; BARROS JUNIOR, G.; NUNES FILHO, J.; SOUZA, J. R.; TABOSA, J. N.; LEITE, M. L. M. V. 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.

DIVISÃO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (DIPAP) da Secretaria da Agricultura do Governo de Alagoas,. Disponível em: <<file:///C:/Users/Usu%C3%A1rio/Downloads/FOLDER%20SORGO%20FORRAGEIRO%20SF%2015.pdf>> Acesso em 05/10/2018.

COUTINHO, M. J. F.; CARNEIRO, M. S. S.; EDVAN, R. L.; SANTIAGO, F. E. M.; ALBUQUERQUE, D. R. Características morfogênicas, estruturais e produtivas de capim-buffel sob diferentes turnos de rega. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 45, n. 2, p. 216-224, 2015.

ÉDER-SILVA, E.; SILVA, R. C.; ARAUJO, D. R.; FIGUEIREDO, P. I.; LIMA, F. S. Sistemas de captação de água *in situ* sobre o crescimento e rendimento do sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* L. Moench). **Acta Kariri Pesq. e Des. Crato/CE**, V.1, N.1, p.48-58, 2016.

ELIAS, O. F. A. S.; LEITE, M. L. M. V.; AZEVEDO, J. M.; SILVA, J. P. S. S.; NASCIMENTO, G. F.; SIMPLÍCIO, J. B. Características agronômicas de cultivares de sorgo em sistema de plantio direto no Semiárido de Pernambuco. **Revista Ciência Agrícola**, v. 14, n.1, p. 29-36, 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA MILHO E SORGO.

Cultivo de sorgo. Brasília, 2010. Disponível em:

<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_7_ed/ecofisiologia.htm#sistema>

Acesso em: 03 fev. 2018.

GAGGIOTTI, M. C.; ROMERO, L. A.; BRUNO, O. A. et al. Cultivares de sorgo forrajero para silaje. II- Características fermentativas y nutritivas de los silajes. **Revista Argentina de Producción Animal**, Buenos Aires, v. 12, n. 2. p. 163-167, 1992.

GOMES, S. O., PITOMBEIRA, J. B., NEIVA, J. N. M., & CÂNDIDO, M. J. D. 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.

Grupo Santana. Disponível em: <<http://gruposantanarn.com.br/sorgo-brs-ponta-negra/>>

Acesso em 05/11/2017.

Grupo Pozza. Disponível em:

<http://www.grupopozza.com.br/verao/capim_sudao/capimsudao.html> Acesso em:

05/11/2017.

HAVERKAMP, R.; ROSS, P. J.; SMETTEM, K. R. J.; PARLANGE, J. Y. Three dimensional analysis of infiltration from the disc infiltrometer, 2, Physically based infiltration equation, **Water Resources Research**, v.30, p.2931-2935, 1994.

HAVERKAMP, R.; PARLANGE, J. Y.; CUENCA, R.; ROSS, P. J.; STEENHUIS, T., S. Scaling of the Richards equation and its application to watershed modeling, In: Sposito, G, (ed.), Scale dependence and scale invariance in hydrology, Cambridge: Cambridge University Press p.190–223, 1998.

Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA). Disponível em:

<<http://www.ipa.br/pdf/Sorgo%202502.pdf>> Acesso em: 05/11/2017.

JUSTO, C. L.; COUTINHO FILHO, J. L. V.; PERES, R. M.; Uso do plantio direto na palha e do plantio convencional na produção de milho para silagem em área de pastagem: observações a campo. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 9, n. 1, 2012.

KENGA, R.; TENKOUANO, A.; GUPTA, S. C. Genetic and phenotypic association between yield components in hybrid sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) populations. **Euphytica**, Wageningen, v. 150, p. 319-326, 2006.

LACERDA, C. F. de.; MORAIS, H. M. M. de.; PRISCO, J. T.; FILHO, E. G.; BEZERRA, M. A. Interação entre salinidade e fósforo em plantas de sorgo forrageiro. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, n. 3, 2006.

LANDAU, E. C.; SANTOS, G. M. ; NETTO, D. A. M. **Aumento potencial do plantio de sorgo granífero no Brasil considerando o zoneamento de risco climático**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2013.

LANDAU, E. C. SANS, L. M. A. **Clima: cultivo de sorgo**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. 62 p.

LASSABATÈRE, L.; ANGULO-JARAMILLO, R.; SORIA, J. M.; CUENCA, R.; BRAUD, I.; HAVERKAMP, R. Beerkan estimation of soil transfer parameters through

infiltration experiments – BEST, **Soil Science Society of American Journal**, v.70, p.521-532, 2006.

LIMA, E. F. **Produtividade e rentabilidade da alface adubada com flor de seda**. 2012. 65f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Serra Talhada.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; RODRIGUES, J. A. S. **Fisiologia da Planta de Sorgo**. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 2003. 4 p. (EMBRAPA-CNPMS. Circular técnica, 86).

MENEZES, L. A. S.; LEANDRO, W. M.; OLIVEIRA JUNIOR, J. P. de; FERREIRA, A. C. de B.; SANTANA, J. G.; BARROS, R. G. Produção de fitomassa de diferentes espécies, isoladas e consorciadas, com potencial de utilização para cobertura do solo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 25, n. 1, p. 7-12, jan./fev. 2009.

NASCIMENTO, P. S. et al. Estudo comparativo de métodos para a determinação da curva de retenção de água no solo. **Irriga**, Botucatu, v. 15, n. 2, p. 193-207, 2010.

OLIVEIRA, J.S.; FERREIRA, R.P.; CRUZ, C.D.; PEREIRA, A.V.; BOTREL, M. A.; PINHO, R.G.; RODRIGUES, J.A.S.; LOPES, F.C.F.; MIRANDA, J.E.C. Aptabilidade e Estabilidade em cultivares de Sorgo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2, p.883-889, 2002 (Suplemento).

RIBAS, P. M. **importância econômica**: cultivo do sorgo. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2009.73 p.

RUBIN, D.H. **Versatilidade da cultura de sorgo no incremento de produção de bovinos de corte**. XVI seminário interinstitucional de ensino, pesquisa e extensão,

Soil Penetration Resistance. **Soil Science Society of America Journal**, 69:927-929, 2005.

TARDIN, F. D.; FILHO, J. E. A. de.; OLIVEIRA, C. M. de.; LEITE, C. E. P. do.; MENEZES, C. B. de.; MAGALHÃES, P. C.; RODRIGUES J. A. S.; SCHAFFERT, R. E. Avaliação agronômica de híbridos de sorgo granífero cultivados sob irrigação e estresse hídrico. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.12, n.2, p. 102-117, 2013.

TAVARES FILHO, J; BARBOSA, G. M. C.; GUIMARÃES, M. F.; FONSECA, I. C. B. Resistência do solo à penetração e desenvolvimento do sistema radicular do milho (zea mays) sob diferentes sistemas de manejo em um latossolo roxo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 25:725-730, 2001.

VON PINHO, R.G.; VASCONCELOS, R.C.; BORGES, I.D.; RESENDE, A.V. Produtividade e qualidade da silagem de milho e sorgo em função da época de semeadura, **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 2, p. 235-245, 2007.

ZAGO, C. P. Cultura de sorgo para produção de silagem de alto valor nutritivo. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4., 1991, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1991. p.169-217.