



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
AGRÍCOLA MESTRADO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

NÚBIA MEIRELLY LOPES DA SILVA

**COMPACTAÇÃO EM ARGISSOLO SUBMETIDO AO TRAFEGO AGRÍCOLA NO
CULTIVO DA CANA-DE-AÇÚCAR**

RECIFE

2015

NÚBIA MEIRELLY LOPES DA SILVA

**COMPACTAÇÃO EM ARGISSOLO SUBMETIDO AO TRAFEGO AGRÍCOLA NO
CULTIVO DA CANA-DE-AÇÚCAR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Agrícola.

COMITÊ DE ORIENTAÇÃO:

Professor Dr. Mario Monteiro Rolim – Orientador – UFRPE

Dr. Djalma Euzébio Simões Neto – Co-orientador – UFRPE

RECIFE

2015

**COMPACTAÇÃO EM ARGISSOLO SUBMETIDO AO TRAFEGO AGRÍCOLA NO
CULTIVO DA CANA-DE-AÇÚCAR**

NÚBIA MEIRELLY LOPES DA SILVA

Dissertação defendida e aprovada pela Banca Examinadora em: ____/____/____.

ORIENTADOR:

Prof. Dr. Mario Monteiro Rolim - UFRPE

EXAMINADORES:

Dr. Djalma Euzébio Simões Neto - UFRPE

Dr^a. Ceres Duarte Guedes Cabral de Almeida - UFRPE

Dr. Igor Fernandes Gomes - UFPE

RECIFE

2015

“Escolhi a botina porque minha vaidade está abaixo da fome das pessoas. Porque o trabalho árduo não me assusta. Escolhi estar no campo para garantir o conforto dos que moram nos grandes centros. Escolhi aumentar a produtividade, em prol da natureza e da extinção da fome no mundo. Escolhi acima de tudo, a simplicidade, a sabedoria e a resignação do produtor rural.”

Mineiro de Butina

À minha mãe Eliude e meu pai Enésio,

Aos meus irmãos,

À minha família, por serem a minha base e refúgio.

Com todo amor que há entre nós...

OFERECO

À
Ao amor da minha vida, por tudo.
Por toda dedicação e empenho neste trabalho que
hoje é nosso.
Pelo amor, carinho e companheirismo a mim
dedicados.
Ao meu Amaro Epifânio,
Com imenso, intenso e imensurável amor...

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente e incondicionalmente a Deus, que está presente em minha vida, me abençoando nas mais temidas decisões, iluminando meus caminhos na direção certa, acalentando os meus anseios e me fazendo lembrar que Ele sempre está comigo e que até aqui Ele me ajudou.

À minha família por me apoiar incondicionalmente sempre. Ao meu amor, meu Amaro, por estar sempre ao meu lado, dividindo todas alegrias e aflições.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco e à FACEPE pelo fomento da bolsa.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UFRPE.

Ao Professor Dr. Mario Monteiro Rolim, meu orientador, por suas recomendações, orientações, indicações, ciência, conselhos e exigências.

À Fatinha (Prof^a Fatima), que desde a graduação tem sido uma mãe, conselheira e amiga, por todo o ensinamento e apoio constante.

À Estação Experimental de Cana-de-Açúcar do Carpina por ter cedido todo o apoio e área necessária para o desenvolvimento do projeto, em especial ao Dr. Djalma Euzébio Simões Neto, coordenador desta, pela confiança, dedicação e orientações.

Aos meus amigos Nathalia Sobral, Leonam Silva (Léo) e Diogo Borges, pelas contribuições indispensáveis na elaboração deste.

Aos trabalhadores de campo da EECAC, em especial ao Seu Cosmo, Vadinho, Nital, Sebastião, Zé, e aos técnicos Geraldo e Evanílson, pelo apoio logístico e infraestrutura na execução dos trabalhos de campo e laboratório. Assim como a todos da Administração, por fazer da estação a extensão da minha casa e me acolher tão bem, à Suzana, Célia, Kelly, Rosana, Mariluce, Celina, Armando e a Gilberto (Badé).

Aos técnicos laboratoriais da EECAC, Josias, Clécio, Leonildo e Anunciada, por todas as aulas e acompanhamento em todas as análises.

Aos colegas da Pós, pelos momentos de descontração, conversas, apoio, estudos e compartilhamento de experiências e conhecimento, em especial à Célia Silva e Marcelo Schuler.

À Wanderson, Aninha (Ana Cláudia), Roberto (Cazuza) e Francisco (Chiquinho) por todo apoio, ajuda e compartilhamento de bons e maus momentos, risos e choros, por nossa amizade.

Enfim, a todos que de forma direta ou indireta contribuíram para que eu chegasse até aqui e concretizasse mais esta conquista.

À Deus mais uma vez por tudo e todos que Ele colocou ao meu lado, enfim...

Agradeço!

LISTA DE TABELAS

Página

CAPÍTULO II – COMPACTAÇÃO DO SOLO NO DESENVOLVIMENTO INICIAL E PRODUÇÃO DE BIOMASSA NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR

TABELA 1: Resultados de análise química do solo da área experimental, em duas profundidades, 0,0-0,2 e 0,2-0,4m na EECAC, Carpina-PE.....	55
TABELA 2: Características físicas do solo na EECAC, Carpina-PE.....	55
TABELA 3: Precipitação pluvial mensal em milímetros no local do experimento conduzido na EECAC, Carpina-PE.....	56
TABELA 4: Tratamentos adotados no experimento composto de 2 fatores para estudo do efeito da compactação no argissolo caracterizado na EECAC, Carpina-PE.....	56
TABELA 5: Resumo da análise de variância para número de plantas por metro linear (NP), altura de planta (AP) e área foliar (AF) da cana-de-açúcar sob efeito dos tratamentos adotados aos 60 DAP. EECAC - Carpina - PE.....	59
TABELA 6: Número de plantas por metro linear, altura de planta e área foliar da cana-de-açúcar sob efeito dos tratamentos adotados aos 60 DAP. EECAC - Carpina - PE.....	60
TABELA 7: Resumo da análise de variância para número de plantas por metro linear (NP), altura de planta (AP) e área foliar (AF) da cana-de-açúcar sob efeito dos tratamentos adotados aos 90 DAP. EECAC - Carpina - PE.....	61
TABELA 8: Número de plantas por metro linear, altura de planta e área foliar da cana-de-açúcar sob efeito dos tratamentos adotados aos 90 DAP. EECAC - Carpina - PE.....	61

TABELA 9: Resumo da análise de variância para número de plantas por metro linear (NP), altura de planta (AP) e área foliar (AF) e diâmetro do colmo (DC) da cana-de-açúcar sob efeito dos tratamentos adotados aos 120 DAP. EECAC - Carpina - PE.....62

TABELA 10: Número de plantas por metro linear, altura de planta, área foliar e diâmetro do colmo da cana-de-açúcar sob efeito dos tratamentos adotados aos 120 DAP. EECAC - Carpina - PE.....63

TABELA 11: Resumo da análise de variância para número de plantas por metro linear (NP), altura de planta (AP) e área foliar (AF) e diâmetro do colmo (DC), biomassa verde(BmV) e biomassa seca (BmS) da cana-de-açúcar sob efeito dos tratamentos adotados aos 150 DAP. EECAC - Carpina – PE.....64

TABELA 12: Número de plantas por metro linear, altura de planta, área foliar, diâmetro do colmo, biomassa verde e biomassa seca da cana-de-açúcar sob efeito dos tratamentos adotados aos 150 DAP. EECAC - Carpina - PE.....65

TABELA 13: Resumo da análise de variância para resistência à penetração do solo nas profundidades de 0,0 – 0,20 m e 0,20 – 0,40 m. EECAC - Carpina - PE.....66

TABELA 14: Resistência à penetração do solo nas profundidades de 0,0 – 0,20 m e 0,20 – 0,40 m. EECAC - Carpina - PE.....67

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

V – Variedades

V1 – Variedade RB92579

V2 – Variedade RB867515

P – Preparo

P1 – Preparo convencional

P2 – Preparo mínimo

RP – Resistência à penetração

RIDESA – Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroenergético;

UFRPE – Universidade Federal Rural de Pernambuco;

EECAC – Estação Experimental de Cana-de-açúcar de Carpina;

EMBRAPA - Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento;

CV - coeficiente de variação;

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento;

QM – quadrado médio;

FV – fontes de variação;

GL – graus de liberdade;

NP – número de plantas por metro linear

DAP – dias após o plantio

DC – diâmetro de colmo

AP – altura de planta

AF – área foliar

BmS – biomassa seca

BmV – biomassa verde

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I	Página
Figura 1. Penetrômetro de impacto.....	33
Figura 2. Penetrômetro digital.....	34
CAPÍTULO II	
Figura 1. Compactação do solo baseada na resistência à penetração do solo para o preparo mínimo. EECAC - Carpina – PE.....	68
Figura 2. Compactação do solo baseada na resistência à penetração do solo para o preparo convencional. EECAC - Carpina – PE.....	69

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS	x
LISTA DE FIGURAS.....	xi
SÚMARIO	xii
RESUMO	13
ABSTRACT.....	14
CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO GERAL E REVISÃO DE LITERATURA.....	15
1. Introdução Geral.....	16
2. Revisão de literatura.....	19
2.1. Panorama agrícola da cana-de-açúcar.....	19
2.2. Aspectos botânicos, morfológicos, fisiológicos e manejo da cana-de-açúcar	20
2.3. Sistemas de cultivo	24
2.4. Solos do litoral do Nordeste	25
2.5. Compactação do solo.....	26
2.6. Resistência do solo à penetração.....	30
2.7. Práticas agrícolas.....	35
3. Referências bibliográficas	38
CAPÍTULO II – COMPACTAÇÃO DO SOLO NO DESEMPENHO INICIAL E PRODUÇÃO DE BIOMASSA NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR.....	50
Resumo	51
Abstract.....	52
Introdução.....	53
Material e métodos	55
Resultados e discussão	59
Conclusões.....	70
Referências bibliográficas	71

COMPACTAÇÃO EM ARGISSOLO SUBMETIDO AO TRÁFEGO AGRÍCOLA NO CULTIVO DA CANA-DE-AÇÚCAR

RESUMO

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) é uma cultura de elevada importância para a agricultura e economia de vários países, sendo amplamente cultivada no Brasil, tendo no manejo do solo um dos fatores que mais influenciam na produção e na sua produtividade. Com a mecanização do sistema agrícola o tráfego de máquinas em operações de preparo do solo, plantio, tratos culturais e colheita vêm progressivamente causando problemas de compactação e efeito negativo sobre a mecânica dos solos agrícolas. O presente trabalho foi desenvolvido para avaliar o efeito da compactação do solo através da resistência à penetração em Argissolo amarelo distrocoeso abrupto em Pernambuco, no desenvolvimento inicial da cultura da cana-de-açúcar e produção de biomassa. O experimento foi conduzido na Estação Experimental de Cana-de-Açúcar do Carpina (EECAC) da UFRPE, na região da mata norte do estado. Análises químicas foram realizadas no laboratório da EECAC em amostras coletadas nas profundidades de 0,0-0,20 e 0,20-0,40 metros. Decorridos 60 dias após o plantio (DAP) obteve-se os dados de compactação (resistência à penetração) verificados por meio de um penetrômetro digital Falker, modelo PenetroLOG-PLG 1020. A área experimental compreendeu aproximadamente 0,8 hectare e as parcelas em número de 16, constituídas por 23 sulcos de 16 metros de comprimento. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com arranjo fatorial 2x2, sendo estes variedade e preparo do solo, respectivamente. Considerou-se o ciclo inicial da cultura, colhidas aos 150DAP obtendo-se a produção expressa em biomassa. Durante este período realizou-se biometria aos 60, 90, 120 e 150 DAP constando de número de plantas por metro linear, altura de colmo, diâmetro de colmo e área da folha +3. Foi realizada a análise de variância e para os efeitos significativos aplicado o teste de Tukey, ao nível de 1 e 5% de probabilidade. Observou-se efeitos significativos dos tratamentos adotados sobre as variáveis biométricas e para produção de biomassa.

Palavras-chave: *Saccharum spp*. tráfego de máquinas agrícolas. Sistemas de cultivo

COMPRESSION IN THE TRAFFIC ULTISOL SUBMITTED AGRICULTURAL GROWING OF SUGARCANE

ABSTRACT

The sugarcane (*Saccharum* spp) is a culture of high importance to agriculture and economy of many countries and is widely cultivated in Brazil, and in soil management one of the factors that influence more in production and productivity. With the mechanization of the agricultural system traffic machines in tillage operations, planting, and harvesting are gradually causing compaction problems and negative effect on the mechanics of agricultural land. This study was conducted to evaluate the effect of soil compaction by penetration resistance in crop yellow abrupt distrocoeso in Pernambuco, in the early development of the culture of cane sugar and biomass production. The experiment was conducted at the Experimental Station of Cane Sugar Carpina (EECAC) UFRPE, in the region of the north woods of the state. Chemical analyzes were performed in the laboratory of EECAC in samples collected at depths of 0.0 to 0.20 and 0.20-0.40 meters. After 60 days after planting (DAP) gave the data compression (resistance to penetration) checked by a digital penetrometer Falker, PenetroLOG PLG-1020 model. The experimental area comprised approximately 0.8 hectare plots in number of 16, consisting of 23 grooves 16 meters long. The experimental design was a randomized block with a 2x2 factorial arrangement, with these variety and soil preparation, respectively. We considered the initial cycle of the crop harvested at 150DAP obtaining the production expressed in biomass. During this period took place biometrics at 60, 90, 120 and 150 DAP consisting of number of plants per meter, stem height, stem diameter and leaf area +3. Analysis of variance was performed and the significant effects the Tukey test, at 1 and 5% probability. We observed significant effects of the treatments used on the biometric variables and biomass production.

Keywords: *Saccharum* spp. Traffic agricultural machinery. Growing Systems

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO GERAL E REVISÃO DE LITERATURA

1. INTRODUÇÃO GERAL

O cultivo de alimentos foi crucial à fixação e adaptação da espécie humana nos divergentes espaços existentes pelo mundo e isto permitiu ao homem abandonar antigos hábitos nômades, passando a promover o desenvolvimento de uma dada região. E como parte integrante das grandes culturas de desenvolvimento, está a cana-de-açúcar.

A cana-de-açúcar tem seu centro de origem na Nova Guiné e foi introduzida por Martin Afonso de Souza ainda nas campanhas iniciais de colonização do Brasil, o que caracteriza seu emprego como uma das primeiras atividades econômicas (ALBUQUERQUE, 2011). Uma vez instalada, a cultura encontrou em território nacional condições ideais à sua utilização, sendo amplamente explorada desde então.

O grande valor econômico da cana-de-açúcar está intimamente relacionado a possibilidade de sua utilização como fonte renovável de matéria-prima para uma agroindústria, ora voltada ao consumo do homem, bem como aproveitada como alternativa à alimentação animal, sendo fornecida triturada ou inteira. Para este segundo emprego, a cana-de-açúcar foi muito benéfica, fazendo frente aos grandes períodos de estiagem nos anos agrícolas de 2012 e 2013, principalmente na região Nordeste, que acabaram acarretando uma redução das áreas de pastejo.

De igual importância, destaca-se a produção de energia pelo emprego do bagaço na alimentação de caldeiras e fornos no lugar do carvão vegetal ou óleo diesel; a vinhaça e a torta de filtro, que são ricos em diversos elementos nutritivos a planta e que voltam aos canaviais como adubos; a obtenção de biopolímeros extraídos da cana-de-açúcar e que podem ser empregados na cicatrização da epiderme e o etanol como combustível biológico.

Por décadas a humanidade fez uso ininterrupto dos derivados do petróleo na geração de energia, fazendo com que o emprego do etanol para mesma finalidade não tivesse a mesma importância, uma vez que este se tratava de um combustível de menor rendimento. Por se tratar de uma *commodity* esgotável, é necessária a busca por alternativas viáveis e sustentáveis, integrando questões sociais, energéticas, econômicas e

ambientais. Assim sendo, a cana-de-açúcar passa a ter uma fatia maior de seu cultivo destinada a produção do combustível biológico.

A cultura é plantada em grande extensão do território nacional, fato este facilmente observado por se tratar de uma planta detentora de estruturas fisiológicas, somadas a atuação cada vez mais constante do homem, que lhe permitem tolerar as dessemelhantes condições por todo território nacional e do globo (ROSSE et al.,2002). Contudo essas intervenções muitas vezes trazem benefícios, a médio prazo, apenas para a humanidade, penalizando e degradando o ambiente.

Um dos impactos negativos da atuação do homem para elevar os rendimentos dos ambientes de produção, está relacionada ao emprego progressivo da mecanização agrícola como um dos meios para aumentar os rendimentos dos campos agricultáveis. Um dos principais danos ao ambiente causados pelo uso de máquinas agrícolas pode ser traduzido na degradação acarretada pela compactação do solo. Com a mecanização do sistema agrícola o tráfego de máquinas em operações de preparo do solo, tratos culturais e colheita vêm progressivamente causando problemas de compactação, visto que é comum o tráfego contínuo e inadequado de máquinas e implementos, causando efeitos negativos sobre os atributos físicos e mecânicos dos solos agrícolas.

Como forma de otimizar e modernizar a maneira como se trabalha o campo para o cultivo, o homem tem feito o uso de máquinas mais potentes e pesadas, impulsionando com isto, além da produtividade, a deterioração das áreas agrícolas, uma vez que a intensidade da compactação do solo está intimamente relacionada com o tipo de pneu empregado, bem como suas dimensões; a velocidade com a qual se opera a máquina dentro do campo além do número de vezes que se trafega sobre o mesmo local e a carga suportada, tudo isto relacionado diretamente com o decaimento significativo da produção e produtividade de toda e qualquer cultura de interesse humano (ZERBINATI, 2010).

Em consequência desta degradação, tem-se a elevação potencial dos encargos empregados à produção, como uma maior necessidade de adubação por exemplo, uma vez que a pressão exercida no solo, acaba por afetar a capacidade de absorção de elementos nutritivos por parte do sistema radicular

das plantas (CAPRA, 2010). As plantas não conseguem absorver os nutrientes em função do mal desenvolvimento radicular, há a redução dos espaços livres do solo que diminuem a quantidade de oxigênio, acarretando em um baixo desenvolvimento da planta (ZERBINATI, 2010).

Todos estes estão relacionados com as características e os processos físicos do solo (CARVALHO et al., 2008), sendo possível determinar a sua condição física, em decorrência do seu manejo, avaliando-se a estabilidade estrutural do solo, por meio da porosidade total, tamanho e continuidade de poros (BEUTLER et al., 2001), bem como a densidade do solo, densidade da partícula. Conforme observado por Ribon e Tavares filho (2008), a resistência à penetração é outro atributo físico inerente ao manejo e também a qualidade física dos solos submetidos ao cultivo e intimamente relacionada com diversos atributos do solo indicadores do grau de compactação, sendo de fundamental importância para escolha do sistema de preparo mais adequado ao crescimento e desenvolvimento das culturas.

Lima (2014) aponta que o cultivo de cana-de-açúcar, em função da colheita mecanizada e outras atividades que requerem tráfego de máquinas e implementos, vem proporcionando alterações nas condições físicas do solo e que acabam resultando em reduções superiores a 50% do volume de macroporos no solo em função da erosão causada pela compactação dos solos.

Em Pernambuco a cana-de-açúcar é cultivada na zona da mata do Estado, região está que detêm grande diversificação de clima, solo e relevo, resultando na necessidade de intensa experimentação para o desenvolvimento do setor canavieiro na região (SIMÕES NETO, 1996). No Estado, as diversas pesquisas em cana-de-açúcar são realizadas principalmente pela Estação experimental da Cana de açúcar de Carpina (EECAC) pertencente à Universidade Federal Rural de Pernambuco.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Panorama agrícola da cana-de-açúcar

De suma importância para a agricultura, a cana-de-açúcar é uma cultura que vem sendo bem explorada no Brasil, sendo o manejo do solo um dos fatores que mais influenciam na produção e na sua produtividade.

A cana-de-açúcar vem sendo produzida e utilizada como matéria-prima fornecida ao setor agroindustrial para geração de açúcar e etanol, em uma dinâmica de cotações e demandas variadas (SACHS e MARTINS, 2007). O imensurável valor hoje dado a cultura canavieira é traduzido nas exportações de açúcar e etanol, especialmente aos mercados europeu e norte-americano (SIMÕES NETO et al., 2005).

O Brasil na safra 2014/2015 já produziu mais de 605 milhões de toneladas de cana-de-açúcar (MAPA, 2015), e uma vez finalizada a safra da Região Nordeste, estima-se que o país tenha produzido mais de 642 milhões de toneladas de cana (CONAB, 2014), tudo isso sendo produzido em uma área de 9.004,5 mil hectares na qual o Estado de São Paulo, como maior produtor, juntamente com outros sete Estados incluindo Pernambuco, são responsáveis por 92,1% do cultivo brasileiro.

Conforme observações feitas pela CONAB (2014), estima-se que haja uma retração na produção de cana-de-açúcar de 2,5% em relação à safra 2013/2014, observado principalmente nos Estados do Centro-Sul em virtude de infortúnios climáticos que ocorreram ao longo do estágio de desenvolvimento das lavouras, não sendo mais acentuada em virtude de uma pequena expansão das áreas cultivadas dos mesmo em torno de 3,1%, estando o total do país em 2,2%; contudo o país mantém o status de maior produtor da matéria-prima e de seu principal derivado, respondendo por mais de 50% do açúcar comercializado no mundo.

Para a Região Norte/Nordeste, na qual os Estado do Nordeste vêm tomando folego na produção após a ocorrência da maior seca dos últimos 40 anos e que afetou a cultura nas safras 2012/2013 e 2013/2014, avalia-se que haja uma variação positiva na produtividade na ordem de 9,5%, fazendo com

que a própria aumente, mesmo havendo uma retração de 4,6% na área plantada em relação à safra anterior (CONAB, 2014);

No Nordeste, a cana-de-açúcar ocupa principalmente o ecossistema dos tabuleiros costeiros, onde a maioria dos solos apresenta características favoráveis como topografia variando de plana a suavemente ondulada, textura média e profundidade adequada. Neste contexto, calcula-se que o Estado de Pernambuco, que responde por 2,9% da área total nacional destinada ao cultivo de cana-de-açúcar, apresente uma elevação de 11,9% em sua produtividade, acompanhado de um aumento em sua produção de 14.40 milhões de toneladas para 14,73 milhões, o que representa uma variação de 2,3% (CONAB, 2014).

Segundo o MAPA (2015), o acumulado de açúcar produzido até o momento foi de 33.76 milhões de toneladas e as estimativas da CONAB (2014), apontam nesse contexto que os Estados de Pernambuco, Alagoas, Amazonas, Paraná e Piauí devem destinar a maior parte de sua cana a ser processada (mais de 50%) para a produção de açúcar e que os Estados de Rondônia, Tocantins, Ceará e Rio Grande do Sul sejam mais voltados à produção de álcool, destinando 56,28% do seu ATR total para tal fim. Apesar disso, a maior produção do biocombustível é concentrada nos Estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Paraná, Minas Gerais e São Paulo na atual safra.

Com o intuito de maximizar os retornos econômicos por área explorada com cana-de-açúcar sem que haja o crescimento espacial da mesma, o setor sucroenergético é favorável a utilização de múltiplos instrumentos tecnológicos, que venham a contribuir significativamente com o aumento da produtividade agroindustrial (SOUZA, 2011).

2.2. Aspectos botânicos, morfológicos, fisiológicos e de manejo da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar (*Saccharum*) é uma planta tropical pertencente à família Poaceae, ou seja Gramineae e cujas as principais características das plantas que fazem parte desta família são inflorescências em forma de espiga,

crescimento do caule em colmos, folhas com lâminas de sílica em suas bordas e bainhas abertas (MARAFON, 2012).

No gênero *Saccharum* ocorrem seis espécies: *S. officinarum* L., *S. robustum* Brandes e Jeswiet ex Grassl, *S. barberi* Jeswiet, *S. sinense* Roxb., *S. spontaneum* L. e *S. edule* Hassk.

De forma geral, a planta é constituída de um sistema radicular, dos colmos, onde a sacarose é predominantemente estocada, e das folhas dispostas ao redor da cana, nos nódulos entre os colmos e também na parte superior da planta onde se localiza a gema apical (MANTELATTO, 2005).

Morfologicamente, é no colmo da cana-de-açúcar que se encontra a porção de maior interesse à agroindústria. Para Diola e Santos (2012), o mesmo é considerado um órgão de reserva composto de diversos açúcares industrializáveis. Na descrição das variedades comerciais segundo Mozambani et al., (2006), o colmo ou caule é uma parte da planta de elevada importância e dividida em duas partes, o entrenó, que acumula a maior parte do caldo e o nó, formado pela gema, anel de crescimento, cicatriz foliar e pela zona radicular. Segundo Cesnik e Miocque (2004), o entrenó pode ter o formato conoidal, cilíndrico, carretel ou barril e diâmetro que varia em fino, médio ou grosso. Para Scarpari e Beauclair (2008), o teor de fibra encontrada nos colmos cultivados possuem uma variação de 9 a 20% da composição do caule, sendo esta oscilação ligada ao período da safra e variedade em questão.

Todas as folhas da cana-de-açúcar são segmentadas em duas porções, a bainha e lâmina (MAGRO et al., 2011) e são fixadas ao colmo por meio dos nós, estando dispostas alternadamente em lados opostos (DIOLA e SANTOS, 2012).

Conforme Matsuoka et al., (2009), a raiz é composta de pelos radiculares e tanto maior será a capacidade de desenvolvimento da planta quanto melhor for o desenvolvimento desse sistema, tanto em área superficial quanto em profundidade, com o auxílio desses pelos para absorção. Segundo Fauconnier e Bassereau (1975), o sistema radicular atinge profundidades variando em função das condições edáficas, características do solo e da variedade utilizada.

A cana-de-açúcar é uma planta C4 e por isso apresenta maior taxa de fotossíntese e de eficiência na utilização e resgate de CO² da atmosfera (SEGATO et al., 2006). As etapas de transformação da energia na cana-de-

açúcar são afetadas positiva e diretamente quando ocorrem condições ambientais favoráveis como elevada amplitude de luminosidade, abundância de CO₂ na atmosfera, além da disponibilidade de água, nutrientes e temperatura, tudo isso conduzindo há uma maior fixação de carbono pela planta, acarretando numa maior produção de biomassa total (raízes, colmo e folhas) e conseqüentemente levando a um incremento na produtividade (MAGRO et al., 2011). Os açúcares sintetizados durante o dia pela fotossíntese são enviados às diversas porções do vegetal, através dos vasos condutores do floema ao longo de todo o dia, sendo a sacarose o açúcar mais translocado, cerca de 80 a 90% do total produzido, e estocado nos entrenós mais velhos (LUCCHESI, 2001).

A propagação da cana-de-açúcar pode ser feita por meio do colmo fracionado em toletes contendo gemas. Para Casagrande e Vasconcelos (2008), é fundamental a disponibilidade de umidade no solo como condição a brotação. Tal etapa do desenvolvimento da cana configura-se como um processo bioquímico que aproveita energia oriunda da quebra de substâncias de reserva do tolete através do processo de respiração, que é facilitado por uma boa aeração do solo e por isso solos porosos de estrutura aberta facilitam uma brotação ideal a um cultivo satisfatório (MAGRO et al., 2011).

Após a brotação e a ocorrência de todos os processos bioquímicos, que envolvem a mesma, os perfilhos primários, que também possuem gemas e sistema radicular na porção subterrânea, originam os perfilhos secundários, que por sua vez, formarão os terciários e assim por conseqüente (CASAGRANDE e VASCONCELOS, 2008; MAGRO et al., 2011).

As etapas do desenvolvimento da cana-de-açúcar simulam as transformações que se pode observar nas dimensões como um todo da planta, em se tratando de sua estatura, massa e no volume em função do tempo (MARAFON, 2012). Ainda segundo o autor, começa a partir dos 120 após o plantio (ou corte) e estendendo-se até 270 dias, em um cultivo de 12 meses, sendo o estágio mais importante do cultivo, pois é quando se acumulam aproximadamente 75% da matéria seca total.

Do ponto de vista fisiológico, a maturação da cana é definida como um estágio de envelhecimento da planta, entre o crescimento rápido e a morte final

da planta, sendo esta a etapa fisiológica que garante o retorno econômico da cultura (TOPPA et al., 2010).

Segundo Prado et al. (2008), o ambiente produtivo pode ser expresso em função das condições físicas, hídricas, químicas e mineralógicas da superfície dos solos associados ao clima regional.

A umidade é um fator produtivo essencial ao desenvolvimento da cana-de-açúcar, na germinação e perfilhamento, além do desenvolvimento dos colmos e sistema radicular, uma vez que a sua constituição é de 86 a 92% de caldo e 8 a 14% de fibras (LUCCHESI, 2001).

De acordo com Diola e Santos (2012), a cultura canavieira requer que os solos de cultivo sejam de pH neutro, porosos, bem drenados e profundos, permitindo o desenvolvimento por completo do sistema radicular e fazendo com que a planta esteja bem fixada à terra, evitando com isto, o tombamento da mesma e as perdas em rendimentos. Para Prado et al., (2008), a textura do solo está em consonância com a disponibilidade dos recursos hídricos, de modo que a maior faixa de disponibilidade deste recurso é encontrada em solos cuja textura é média, com 25 a 35% de argila e predominância de área fina em relação à grossa, possuindo, ao mesmo tempo, teores de silte relativamente altos.

Exigente em aeração, o cultivo canavieiro requer, mesmo posterior aos dias chuvosos ou naqueles solos onde houve irrigação aplicada em excesso, que os poros de tais solos estejam com 10 a 12% de ar (LUCHESSI, 2001).

Quando a temperatura ultrapassa 20°C, há um aumento na taxa de crescimento da cultura, sendo que a faixa de 25°C a 33°C é a mais favorável ao desenvolvimento vegetativo (ALMEIDA et al., 2008a). Este desenvolvimento fica comprometido até o ponto de ser nulo à medida que a temperatura se eleva, sendo isto em função da inibição de atividades fisiológicas da cana-de-açúcar, como por exemplo, a abertura dos estômatos e troca de CO₂ (BRUNINI, 2008).

Além destes, a cana-de-açúcar necessita de várias outras técnicas de manejo, tais como a retificação de sulcos, prevenção e controle de plantas danosas, quer seja pela aplicação de produtos químicos ou capinas, erradicação de pragas e doenças, prevenção fitossanitária.

2.3. Sistemas de cultivo

Um sistema de cultivo pode ser definido como um conjunto de operações agrícolas visando a manipulação física, química e biológica do solo (VARELLA, 1999) e é executado a fim de propiciar condições ideais para o cultivo, indo da germinação ao estabelecimento das plântulas, pois permite diminuir a competição com plantas invasoras e maior retenção de água pela maior infiltração da mesma (EMPRAPA, 2015).

Para Würsche e Denardin (1980), o melhor sistema de cultivo é aquele em que se realiza o mínimo de operações necessárias para o preparo do solo, para que este apresente boas condições de semeadura e desenvolvimento do sistema radicular das plantas de interesse econômico, com o mínimo de alterações nas propriedades físicas do solo.

Segundo Varella (1999), o sistema convencional incide em um preparo inicial do solo onde são executadas uma ou duas arações, seguidas de no mínimo duas gradagens. No Brasil tanto a aração quanto a gradagem são feitas principalmente por arados e grades de discos, uma vez que estes são mais flexíveis nas regulagens, de maior robustez e maior facilidade em cortar os resíduos vegetais, atendendo as necessidades dos diferentes tipos e condições de solo (VARELLA, 1999).

O que ocorre no sistema de cultivo convencional é o revolvimento das camadas superficiais (SANTIAGO e ROSSETTO, 2007a) e dispersão das argilas pela alteração da agregação, facilitando o arraste dos nutrientes pela ação da chuva e do vento (WÜRSCHKE e DENARDIN, 1980), provocando a degradação das terras, que será tão intensa quanto for a erosão (RHEINHEIMER et al., 1998).

Como visto anteriormente, a melhor forma de cultivar os solos agrícolas é aquela que emprega sistemas onde um número mínimo de atividades deve ser executada no preparo do solo, com o intuito de reduzir os efeitos da degradação do mesmo. Esta é a filosofia do sistema de cultivo mínimo, que por sua vez corrobora Varella (1999), ao afirmar que o objetivo deste é a redução das operações, acarretando numa menor compactação causada pelo tráfego reduzido de máquinas e implementos. O autor afirma ser ainda benéfico ao produtor a adoção desse sistema em função da redução dos custos gasto com

combustível e manutenção dos equipamentos, que serão proporcionais ao número de máquinas e operações agrícolas empregadas.

Em cana-de-açúcar o cultivo mínimo é feito eliminando a soqueira da cana-de-açúcar com o uso de herbicida com posterior sulcagem da área para o novo plantio, nas entrelinhas e linhas antigas (SANTIAGO e ROSSETTO, 2007b).

2.4. Solos do litoral do Nordeste

O solo é um componente muito específico da biosfera, sendo definido como uma mistura de materiais inorgânicos e orgânicos, formados a partir de uma série de processos denominados intemperismo e que atuam na superfície terrestre ocasionando a decomposição de rochas e minerais primários (SODRÉ et al., 2001).

Solos considerados com ótimas condições para desenvolvimento de qualquer cultura devem conter metade de seu volume ocupado por sólidos (minerais e matéria orgânica) e metade por espaços porosos preenchidos equitativamente com água e ar (BRADY, 1989; FERREIRA, 1992). Os minerais da fase sólida são classificados de acordo com o diâmetro de suas partículas em areia, silte e argila (SODRÉ et al., 2001). A fase sólida, que geralmente é predominante, é considerada como a fase dispersa, enquanto que a água do solo é o meio dispersante. As fases sólida, líquida e gasosa guardam entre si uma certa proporção, porém, esse equilíbrio pode ser afetado com as variações da temperatura, pressão, luminosidade, atividades dos microrganismos, adições de água, absorção de íons pelas raízes das plantas, além de outros fatores (Lambe e Whitman, 1979; Kiehl, 1979; Brady, 1989; Reichardt e Timm, 2004; Libardi, 2005).

O foco da agricultura no Nordeste brasileiro está nos tabuleiros costeiros, que segundo a EMBRAPA (2015) acompanham todo litoral da região, com altitude média de 50 a 100 metros, em uma área aproximadamente de 8 milhões de hectares e com precipitação anual média oscilando entre 500mm e 1500mm.

O termo tabuleiros costeiros é usado para designar uma forma de superfície tabular, dissecada por vales profundos e encostas com forte declividade (RESENDE, 2009). Segundo Oliveira (2008) e Beltrão et al. (2005),

os solos de Tabuleiros situam-se em boa parte do litoral brasileiro e apresentam cobertura sedimentar formada no terciário com vales e encostas suaves, o relevo varia de plano a levemente ondulado. Algumas áreas possuem relevo suavemente ondulado, enquanto outras, onde houve forte dissecamento, a topografia chega a ser ondulada até fortemente ondulada, com elevações de topos planos (chãs) (JACOMINE, 2001).

No Nordeste a cana-de-açúcar ocupa principalmente o ecossistema dos tabuleiros costeiros, onde a maioria dos solos apresenta características favoráveis como topografia plana a suavemente ondulada, textura média e profundidade adequada (PACHECO, 2010). A relação entre o teor de argila, areia e silte afetam a estrutura física, coesão e estabilidade do solo, uma vez que estes atuam na resistência da camada superficial ao rompimento pelos brotos primários (MAGRO et al., 2011).

Diversos solos ocupam as áreas de domínio dos Tabuleiros Costeiros, porém, destacam-se como predominantes os Latossolos Amarelos, os Argissolos Amarelos, Neossolos Quartzarênicos e Espodosolos (SOUZA, 2010) e embora os solos sejam considerados profundos, a presença de camadas coesas, normalmente, reduz sua profundidade efetiva (SOUZA, 1996).

2.5. Compactação do solo

O aumento das áreas destinadas ao setor industrial e imobiliário no estado de Pernambuco tem restringido as áreas utilizadas para cultivo da cana-de-açúcar, bem como a escassez crescente de mão de obra, aliada a uma crise econômica no setor canavieiro, não permitindo a expansão de novas áreas agricultáveis. Com isto, torna-se fundamental o investimento em novas formas de alargar os rendimentos agrícolas dos canaviais fazendo frente a essa redução territorial, sem que ocorra a penalização da produção devido a erros da prática agrícola, evitando a instalação de processos de degradação ambiental.

O desenvolvimento adequado de qualquer organismo vegetal deve partir do desenvolvimento adequado do sistema radicular da mesma. Atributos do solo como penetração e movimento de água no perfil do solo, permutas

gasosas, atividade biológica e mineralização de carbono, são propriedades que estão profundamente ligadas a qualidade do solo e que quando atuam em conjunto, promovem um incremento satisfatório do sistema radicular das plantas cultivadas (LIMA et al., 2013a).

É sabido que as atividades agrícolas como um todo, incluindo o atual sistema de produção canavieiro, são amplamente dependentes da mecanização agrícola, sobretudo no nordeste brasileiro, e que esta é uma ferramenta para fazer frente a alguns obstáculos para alavancar a produção. Contudo, as atividades desenvolvidas pelo conjunto trator e implemento, acabam por gerar uma sobre carga no solo, que por sua vez acarreta num desgaste do mesmo. Um dos efeitos negativos sobre a produtividade, segundo Horn et al (2000) é a compactação do solo, que causa a alteração na estrutura do solo devido ao aumento da carga aplicada pelas máquinas sob a superfície do mesmo. Tratam-se de impactos que geram transformações nas propriedades físicas do solo e estas, dentre diversos outros aspectos, em diferentes condições de solo, clima, variedade de cana e ciclo da cultura, devem ser avaliadas (CARVALHO et al, 2008).

Para Assis e Lanças (2005), o emprego intenso do aparelhamento agrícola, tão necessários ao desenvolvimento de qualquer cultura, nas operações de preparo do solo, semeadura, tratos culturais e colheita, tem promovido aumento da compactação, principalmente na zona de exploração do sistema radicular da planta e que o desempenho deste solo vai variar em função de seus atributos físicos associados as características dos equipamentos agrícolas. Os autores observam ainda que os atributos físicos dos solos têm sido modificados com esse tráfego intenso de equipamentos, fazendo-se necessário o desenvolvimento de pesquisas com períodos de duração mais longos para estudar os fenômenos ligados à sua estrutura.

Conforme Ribon e Tavares Filho (2008), a compactação refere-se à compressão do solo, que sofreu um manejo inadequado e que resultou no aumento na sua resistência à penetração e densidade, bem como diminuição da porosidade e do conteúdo de água disponível às plantas e segundo Mota et al.(2013), tais atributos podem ser alterados pelo uso e manejo do solo, sendo bastante utilizados como indicadores da qualidade física do solo.

A compactação dos solos provoca alterações nas suas características naturais, com redução de seu volume e de sua macroporosidade, além de alteração do fluxo de ar, de calor e de disponibilidade de água e nutrientes para as plantas (CAMARGO e ALEONI, 1997; RIZZO, 2000; REICHERT et al., 2010).

A densidade do solo é uma característica variável, sendo condicionada a estrutura e compactação do solo, além do material constituinte do mesmo, dos sistemas de uso e manejo e tipo de cobertura vegetal (BICALHO, 2011). Ainda segundo o autor um solo de mesma textura pode apresentar densidades diferenciadas no perfil, havendo uma tendência a aumentar com a profundidade.

Com relação as propriedades citadas, Tormena et al.(2002), observa que de maneira generalizada, estas funcionam como indicadores de possíveis restrições ao crescimento radicular e da parte aérea das plantas de qualquer cultura de interesse econômico. Os autores observam ainda que o bom entendimento dos atributos físicos, mensurados em diferentes metodologias de preparo do solo, dão condições para a caracterização do ambiente físico para o crescimento radicular.

Para Reinert et al. (2008), a habilidade das raízes penetrarem no perfil diminui quando a densidade e a resistência do solo aumentam. Os autores falam ainda que é comum relacionar o crescimento radicular em solos compactados com sua densidade, sendo a densidade crítica dependente principalmente de sua classe textural. De maneira geral, quanto mais elevada for a densidade do solo pior será sua estruturação e menor a sua porosidade total e, conseqüentemente, maiores serão as restrições para o crescimento e desenvolvimento das plantas (MOTA et al. 2013).

No solo compactado, o sistema radicular prevalece acima das camadas adensadas, ultrapassando-a apenas em planos de fraquezas ou rachaduras (SOARES et al., 2005), fato que dificulta o desenvolvimento e a manutenção da cultura em períodos de estiagem prolongada. Além da compactação na camada superficial, existe a preocupação quanto à compactação em sub-superfície, principalmente devido à sua persistência (ARVIDSSON, 2001). Nesse caso, a compactação é um problema de difícil avaliação visual, pois deixa pouco indício sobre a superfície de solo (HAMZA e ANDERSON, 2005).

A compactação provoca o rearranjo dos agregados, reduzindo os macroporos para 5% ou menos do volume total de solo. No entanto, há registros de que a maioria das plantas requer um espaço de aeração de, pelo menos, 10% do volume total de solo para expressarem o mínimo de seu potencial de produção (AMARO FILHO et al., 2008). As mudanças impeditivas são as mais importantes, pois interferem na produtividade de uma cultura, além de influírem gradativamente na conservação dos solos agrícolas, favorecendo processos erosivos que geram perdas de nutrientes e perda de vigor das culturas (MOME FILHO, 2012).

A utilização de máquinas e implementos cada vez mais potentes e pesados na agricultura torna necessária a criação, ou adaptação, de metodologias que visem mensurar outras propriedades do solo considerando sua resistência mecânica em condições dinâmicas, geralmente, pouco estudadas na física do solo convencional (SILVA et al., 2004).

Vários estudos destacam os impactos promovidos pela cultura da cana-de-açúcar ao meio ambiente, associados às diversas etapas do processo produtivo (PASQUALETTO e ZITO, (2000); MACEDO, (2005); UNICAMP/UNICA, (2005); FONSECA e KRUGLIANSKAS, (2008)), e entre os impactos associados ao cultivo da cana-de-açúcar, diretamente relacionados aos solos, está a compactação, causada pelo uso de maquinário pesado desde o preparo do solo, o cultivo, até a colheita mecanizada. Uma carregadeira de cana, por exemplo, pode causar compactação em até 10 cm de profundidade, já um sistema de transporte via “biminhão”, em que as carrocerias podem levar até 30 toneladas cada uma quando cheia, podem chegar a até 30 cm de compactação em uma única passada (CASAGRANDE, 2002).

O trabalho de Oliveira et al. (2010) evidencia o efeito do tráfego contínuo e inadequado de máquinas e implementos sobre os atributos físicos e mecânicos dos solos agrícolas, demonstrando que a aplicação de cargas dinâmicas por rodados e implementos agrícolas no solo produzem tensões na interface solo/pneu e solo/implemento em superfície e em profundidade, respectivamente, podendo atingir diferentes horizontes do solo. Deste modo, a pressão de inflação, o tamanho e a resistência da carcaça do pneu controlam a distribuição dos estresses no solo (SOANE, 1986). Horn (2000) explica que a pressão aplicada ao solo é transmitida às camadas mais profundas em função

da carga por eixo e pode alterar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo se a resistência mecânica interna dos elementos estruturais do solo for excedida.

Estudos específicos sobre a compactação em áreas com cultivo de cana-de-açúcar demonstram que o sistema radicular da planta tem seu desenvolvimento limitado pelo aumento na resistência à penetração, na densidade do solo e redução da porosidade total, com aumento relativo da microporosidade em relação à macroporosidade (CENTURION et al., 2001; SOUZA et al., 2005; SEVERIANO et al., 2010). Como consequência, em decorrência da redução no suprimento de oxigênio, a absorção de nutrientes é menor e a planta se torna mais suscetível a doenças, sobretudo nos períodos de estiagem (CASAGRANDE, 2002; OTTO et al., 2011).

Como altas resistências em camadas subsuperficiais impedem o desenvolvimento radicular e diminuem sua produtividade (BUSSCHER et al., 2006), a sua existência pode provocar perdas na agricultura, o que torna indispensável o desenvolvimento de técnicas para verificação da existência de tais camadas e sua eventual descompactação.

A pressão das cargas aplicadas ao solo são, de acordo com Soane (1981) e Horn et al (1995) os fatores responsáveis por determinar o tipo e a quantidade de deformação do solo, devendo ser encarados como de grande importância para o controle da compactação. Para Tormena et al.(2002), controlar a erosão através do manejo eficiente é fundamental para o reduzir o processo de degradação do solo e práticas eficientes exigem a manutenção da cobertura do solo.

2.6. Resistencia do solo à penetração

Uma das causas mais frequentes do baixo desempenho das culturas de importância econômica relaciona-se as condições adversas da qualidade do solo e que acabam por restringir o desenvolvimento e distribuição das raízes ao longo do perfil, afetando toda a parte aérea das plantas (LIMA, 2014).

Na busca por um melhor entendimento e caracterização dos sistemas agrícolas de produção implementados pelo homem, faz-se necessário uma avaliação e monitoramento das camadas de impedimento mecânico do solo ao

desenvolvimento radicular (CHERUBIN et al., 2011). Para tanto é possível empregar a resistência a penetração como ferramenta nesse entendimento uma vez que, segundo Carvalho et al., (2012), a referida estima o tanto de força que as raízes das plantas devem desempenhar a fim de expressar seu potencial produtivo, levando-se ainda em consideração os demais atributos físicos do solo.

A resistência à penetração configura-se como uma das propriedades físicas mais importantes para o manejo e estudo da qualidade física dos solos, uma vez que essa propriedade apresenta-se relacionada com diversos atributos do solo, indicadores do grau de compactação (RIBON e TAVARES FILHO, 2008). Para Carvalho et al., (2008), a resistência do solo à penetração (RP) constitui uma das variáveis físicas consideradas na avaliação da qualidade do solo, podendo apresentar grande variabilidade espacial. Já Assis e Lanças (2005) afirmam que diversas pesquisas sugerem que a compactação pode ser identificada, tanto por meio de atributos físicos do solo tais como densidade do solo, distribuição de poros por tamanho e estabilidade de agregados em água, bem como por meio da resistência do solo à penetração. Concordando com autores já citados, Tormena et al., (2002) fala que a resistência do solo à penetração é fundamental para a avaliação dos efeitos dos sistemas de preparo no ambiente físico do solo para o crescimento das plantas.

A penetrometria é uma técnica muito utilizada na verificação de áreas com problemas de compactação (MOME FILHO, 2012). A RP, medida por meio de penetrômetros, indica a resistência exercida pelo solo à penetração de uma ponta cônica e pode simular a resistência que o solo oferece à penetração das raízes (ALMEIDA et al., 2012; MOLIN et al., 2012; CAMPOS et al., 2013; LIMA et al., 2013b).

De acordo com ALMEIDA (2008b), os valores de resistência à penetração ao longo do perfil do solo, antes e depois do preparo, constituem um meio para verificar o grau de mobilização do solo, identificar camadas adensadas, determinar a eficiência de equipamentos e avaliar o potencial para o desenvolvimento de raízes. A resistência do solo à penetração é um parâmetro muito utilizado, por ser um método bastante prático e pela facilidade de coleta no campo, possibilitando grande número de pontos de amostragem. Como

desvantagens podem ser citadas a falta do controle de umidade e a presença de raízes e pedras, que podem afetar as leituras.

Estando o solo compactado, a resistência mecânica aumenta devido a redução a porosidade total, em função da perda dos espaços vazios. FERNANDES et al (2013) comenta que a resistência do solo à penetração é um parâmetro dinâmico, que depende da densidade do solo, do teor de água e do tipo de solo. A textura do solo tem influência nos valores da resistência do solo à penetração; o teor de água existente no solo é fator crucial para a determinação dos valores de resistência.

Num solo degradado, além da redução da quantidade de água disponível, a taxa de difusão de oxigênio e a resistência do solo à penetração podem limitar o crescimento das plantas na faixa de potenciais que determina a disponibilidade de água no solo (ARAUJO et al., 2004).

A maioria dos penetrômetros convencionais são formados de uma haste com um cone na extremidade inferior, onde é feita a penetração no solo, e um dinamômetro na porção superior do equipamento, podendo os resultados obtidos pelos mesmo, serem expressos em kgf/cm^2 , MPa, Atm, oferecendo graficamente uma noção da intensidade da resistência do solo nas diferentes profundidades, ajudando a identificar camadas de solo revolvidas ou compactadas pelos diferentes sistemas de manejo do solo e de cultivo, auxiliando na escolha do implementos à serem empregados no preparo do solo, as culturas utilizadas (EMBRAPA, 1999).

Stolf (1991), classificou o penetrômetro em dois grupos de acordo com o princípio de penetração: convencionais, que são operados ao pressionar o conjunto contra o solo, onde a resistência ao avanço da ponta da ferramenta é mensurada por um dinamômetro, e o de impacto (figura 1), que possui características dinâmicas de penetração, cuja haste penetra no solo por meio do impacto de um peso ao ser lançado em queda livre de uma altura constante.



Figura 1: Penetrômetro de impacto.

Fonte: SONDATERRA, 2015.

Existem atualmente equipamentos mais modernos empregados na identificação da existência de pontos compactados no solo. São os chamados penetrômetros digitais (figura 2) e que fazem esta análise através da resistência à penetração associada a profundidade.



Figura 2: Penetrômetro digital.

Fonte: Arquivo pessoal.

Diferentes autores tem encontrado estimativas divergentes quanto ao valor da resistência que seja limitante ao desenvolvimento do sistema radicular das plantas cultivadas: Carvalho et al., (2012) ao avaliar este atributo do solo para feijão irrigado, encontrou valores que variaram de 1,64 a 4,01 Mpa, em sistema de plantio direto, e 1,89 a 3,53 Mpa, para plantio convencional, o que conota que a resistência também varia de acordo com o sistema empregado; de maneira semelhante, Assis e Lanças (2005) compararam a resistência de sistemas diferentes de cultivo com mata nativa e obtiveram estimativas que oscilaram situam-se dentro da faixa de 0,7 a 3,5 Mpa.

Beutler et al., (2001), realizando o referido estudo na Região dos Cerrados, encontrou, para o sistema convencional com arado de discos e cultivo em rotação de milho e feijão, valor de 3,04 Mpa de resistência à penetração. No referido estudo o autor conclui que para esta condição de cultivo, o sistema radicular das plantas deve encontrar dificuldades para seu desenvolvimento. Souza et al., (2014), em experimento montado em um Argissolo cultivado anteriormente por sorgo forrageiro, no município de Petrolina – PE, avaliou o mesmo atributo empregando para tanto, dois penetrômetros diferentes e

obteve entre as camadas de 0,20 a 0,30 m, valor de resistência de 16,18 MPa com penetrômetro de impacto, e valor de 3,40 MPa com penetrômetro de eletrônico. Os autores encontraram valores ainda maiores utilizando o penetrômetro de impacto quando fizeram mensuração em camadas mais profundas: 46,78 MPa entre as camadas 0,30 a 0,40 m e 43,28 MPa entre 0,40 a 0,50 m. Este resultado foi atribuído ao intenso tráfego de maquinário agrícola.

Diversos pesquisadores tem levado em consideração a resistência a penetração como ferramenta para estudo da compactação e seus efeitos no solo e desenvolvimento das culturas: Assis et al., (2009) avaliou a resistência à penetração em diferentes solos com a variação do teor de água; Rodrigues et al., (2012) mensurou a resistência em uma microbacia em São Paulo; Iori, Dias Júnior e Silva, (2012), em diferentes sistemas de plantio em áreas de preservação; Beutler, Centurion e Silva, (2007) estudaram a compactação por meio da comparação de penetrômetros; Souza et al., (2014) também realizaram estudo em função do tipo de penetrômetro e da umidade; Ralisch et al., (2008) em latossolo vermelho amarelo no cerrado; Carvalho et al., (2008) para o cultivo de cana-de-açúcar.

2.7. Práticas agrícolas

O atual modelo de produção investe pesado na utilização de máquinas agrícolas como um importante fator de produção, mas que deve haver uma ressalva quanto a sua adaptação aos diferentes tipos de solos a fim de evitar a compactação pelo tráfego intenso destas, fazendo com que os solos estejam mais susceptíveis à erosão que pode ser provocada pelo escoamento das águas superficiais, afetando diretamente o sistema radicular das plantas e consequentemente reduzindo a produtividade da cultura (FRANCETTO et al., 2014).

O solo, por ser o suporte da produção agrícola, sofre alterações significativas em seus atributos físicos, sendo a compactação apontada como uma dessas alterações, em virtude do tráfego das máquinas e implementos agrícolas em condições inadequadas de manejo (RICHART et al., 2005).

A compactação do solo é um problema que atinge a maioria das áreas agricultáveis do Brasil, sendo provocada por diversos fatores, tais como o

excesso de carga e o tráfego intenso de máquinas, uso de pneus inadequados para o valor de carga aplicada e com pressões de inflação fora do recomendado, tráfego de máquinas com o teor de água do solo não recomendado e vários outros problemas. Segundo Lopes et al (2011), as maiores alterações nas propriedades físicas do solo são provocadas pelo tráfego de máquinas, quando ocorre o aumento da umidade do sol.

De acordo com Cortez et al (2014), pressupõe-se que o tráfego de tratores de diferentes massas em conjunto com a intensidade de passagens interfere nos atributos físicos do solo de maneira que esses se tornam restritivos para o sistema radicular e de plantas. Seixas (2000) considera que o tráfego intenso de veículos pesados modifica a estrutura do solo, o que causa rompimento das resistências naturais que se encontram interligadas por forças de atração e repulsão, provocando alteração do fluxo de água e redução da produtividade agrícola no ambiente.

O controle do tráfego na agricultura ajuda a minimizar os efeitos negativos da mecanização agrícola, além de permitir diminuir gastos de produção, gerando um aumento do lucro das culturas (ROQUE et al., 2010).

Desenvolvidas pela humanidade, as modernas práticas agrícolas empregadas nas diversas lavouras por todo planeta, como a utilização de maquinário agrícola cada vez mais atualizado e pesado, tem levado a um desgaste relevante e acelerado das áreas agrícolas. Uma das principais formas de erosão é a compactação do solo e segundo Silva, Cabeda e Carvalho (2006), seu nível está diretamente relacionado as condições físicas e químicas no qual o solo se encontra.

A utilização de máquinas mais produtivas é justificada como modo pelo qual a humanidade encontrou meios de verticalizar a produtividade, uma vez que a expansão industrial e residencial tem restringido os campos agricultáveis, quer seja pela transferência de áreas anteriormente ocupadas pela agricultura ou ainda pela não existência de novas fronteiras agrícolas para expansão. Além disso, segundo Vasconcelos et al., (2010), sucessivos anos de cultivo, como no caso da cana-de-açúcar, acarretam uma redução gradativa da capacidade de cultivo do solo, uma vez que ocorrem alterações nas propriedades físicas dos solos.

Deve-se levar em consideração ainda que a agricultura utiliza fundamentalmente o cultivo convencional, onde o preparo do solo é feito por meio de gradagem e aração, onde há o revolvimento do solo, fazendo com que a camada superficial do solo fique desprotegida, sujeita à erosão provocada pela água das chuvas e pelo vento, havendo também significativas perdas de carbono e nitrogênio (BRAGA, 2011).

Estudar um solo e conhecer as características químicas, estrutura e natureza da matéria orgânica, o que leva o pesquisador a uma noção mais apurada da qualidade e estabilidade do solo, bem como das frações dessa matéria orgânica, é possível entender melhor o modo como esta atua no solo (AVALHÃES, 2014).

3. Referências bibliográficas

ALBUQUERQUE, A.P.C. **Competição de clones e variedades de cana-de-açúcar em épocas distintas de cortes na região da mata norte de Pernambuco. 2011.** 95f. Dissertação (Mestrado em Melhoramento genético de plantas) – Programa de pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal Rural de Pernambuco. 2011.

ALMEIDA, A.C.S.; SOUZA, J.L.; TEODORO, I.; BARBOSA, G.V.S.; MOURA FILHO, G.; FERREIRA JUNIOR, R.A. **Desenvolvimento vegetativo e produção de variedades de cana-de-açúcar em relação à disponibilidade hídrica e unidades térmicas.** Ciência agrotec. Lavras, v.32, n.5, p. 1441-1448, 2008a.

ALMEIDA, C. X.; CENTURION, J. F.; FREDDI, O. S.; JORGE, R. F.; BARBOSA, J. C. **Funções de pedotransferência para a curva de resistência do solo à penetração.** Revista Brasileira de Ciências do Solo, v.32, n.6, p. 2235-2243, 2008

ALMEIDA, C. X.; CENTURION, J. F.; JORGE, R. F.; BARBOSA, J. C.; ANDRIOLI, I. **Funções de pedotransferência para a curva de resistência do solo à penetração.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.36, p.1745- 1755, 2012.

AMARO FILHO, J.; ASSIS JÚNIOR, R. N.; MOTA, J. C. A. **Física do solo: conceitos e aplicações.** Fortaleza: Imprensa Universitária, 2008, 290p.

ARAUJO, M.A.; TORMENA, C.A.; SILVA, A.P. **Propriedades físicas de um latossolo vermelho distrófico cultivado e sob mata nativa.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 28: p.337-345, 2004.

ARVIDSSON, J. **subsoil compaction caused by heavy sugarbeet harvesters in southern sweden i. soil physical proprieties and corp yield in six field experiments.** Soil and Tillage Research, Amsterdan, v60. P.67-78. 2001.

ASSIS, R.L.; LANÇAS, K.P. **Avaliação dos Atributos Físicos de um Nitossolo Vermelho Distroférico sob Sistema Plantio Direto, Preparo Convencional e Mata Nativa.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 29: p.515-522, 2005.

ASSIS, R.L.; LAZARINI, G.D.; LANÇAS, K.P.; CARGNELUTTI FILHO, A. **Avaliação da Resistência do Solo à Penetração em Diferentes Solos com**

a Variação do Teor de Água. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.29, n.4, p.558-568. 2009

AVALHÃES, C.C. **Avaliação da matéria orgânica dos solos tratados com iodo de esgoto: uso de ferramentas quantitativas e espectroscópicas.** 2014. 94f. Tese (Doutorado em ciência) – Programa de pós-graduação em ciência, Universidade de São Paulo.

BRAGA, G.N.M. **Carbono Orgânico Total (COT) Determina Qualidade do Solo. Na sala com Gismonti Assuntos sobre Agronomia.** Disponível em: <http://agronomiacomgismonti.blogspot.com.br/2011/10/carbono-organico-total-cot-determina.html>. Acesso em 31 jan., 2015.

BELTRÃO, B. A.; MASCARENHAS, J. C.; SOUZA JUNIOR, C.; TRINDADE, M. J.; MIRANDA, J. L. F. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Goiana, Estado de Pernambuco.** Recife: CPRM/PRODEEM, 21 p., 2005.

BEUTLER, A.N.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; FERREIRA, M.M.; CRUZ, J.C. e PEREIRA FILHO, I.A. **Resistência à penetração e permeabilidade de Latossolo Vermelho distrófico típico sob sistemas de manejo na região dos cerrados.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.25: p.167-177, 2001.

BEUTLER, A.N.; CENTURION, J.F.; SILVA, A.P. **Comparação de penetrômetros na avaliação da compactação de Latossolos.** Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.27, n.1, p.146-151, 2007.

BICALHO, I.M. **Um Estudo da Densidade do Solo em Diferentes Sistemas de Uso e Manejo.** Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.7, n.12; 2011.

BRADY, N.C. **Natureza e propriedade dos solos.** Rio de Janeiro: Freitas Barros, 898 p. 1989.

BRUNINI, O. **Ambientes climáticos e exploração agrícola da cana-de-açúcar.** In DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASONCELOS, A.C.M. de; LANDELL, M.G. de A. Cana-de-açúcar. Campinas: Instituto Agrônômico. Cap.4, p. 179-204. 2008.

BUSSCHER, W.J.; NOVAK, J.M.; HUNT, P.G.; BAUER, P.J. **Increase os soil strenght over time in a us southeastern coastal plain loamy sand.** Soil Science, Philadelphia, v.171. n.7. p.519-526. 2006

CAMARGO, O. A., ALLEONI, L. R. F. **Compactação do solo e o desenvolvimento de plantas**. Piracicaba: 1997.

CAMPOS, M. C. C.; AQUINO, R. E.; OLIVEIRA, I. A.; BERGAMIM, A. C. **Variabilidade espacial da resistência mecânica do solo à penetração e umidade do solo em área cultivada com cana-de-açúcar na região de Humaitá, Amazonas, Brasil**. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v.8, p.305-310, 2013.

CASAGRANDE, A. A. **Compactação e manejo do solo na cultura da cana-de-açúcar**. In: MORAES, M. H.; MULLER, M; M. L.; FOLONI, J. S. S. (Coord.). **Qualidade física do solo: métodos de estudo – sistema de preparo e manejo do solo**. Jaboticabal: FUNEP, 2002. p. 150 – 197.

CAPRA, G. **Compactação do solo: problema na viticultura que exige soluções**. 2010. Disponível em: <http://www.oflorense.com.br/internanoticia.php?id=1134&secao =3>. Acesso em 15 ago. de 2014.

CARVALHO, L.A.; NETO, V.J.M.; SILVA, L.F.; PEREIRA, J.G.; NUNES, W.A.G.A.; CHAVES, C.H.C. **Resistência mecânica do solo à penetração (RMP) sob cultivo de cana-de-açúcar, no município de Rio Brillhante-MS**. Revista Agrarian, v1, p. 07-22. 2008.

CARVALHO, J.J.; MASIERO, F.C.; LANÇAS, K.P.; RODRIGUES, E.C.P. **Avaliação da resistência do solo sob dois sistemas de manejo: plantio direto e convencional**. Revista Científica Eletrônica de Agronomia, Garça, v.22, n.2. 2012.

CASAGRANDE, A.A.; VASCONCELOS, A.C.M. **Fisiologia da parte aérea**. In DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASONCELOS, A.C.M. de; LANDELL, M._G. de A. Cana-de-açúcar. Campinas: Instituto Agrônômico. Cap.2, p. 57-78. 2008.

CENTURION, J. F.; CARDOSO, J. P.; NATALE, W. **Efeito de formas de manejo em algumas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Vermelho em diferentes agroecossistemas**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.5, n.2, p.254-258, 2001.

CESNICK, R.; MIOCQUE, J. **Melhoramento da cana-de-açúcar**. Brasília, DF: Embrapa, Informação Tecnológica, 307p, 2004.

CHERUBIN, M.R.; SANTI, A.L.; BASSO, C.J.; EITELWEIN, M.T.; VIAN, A.L. **Variabilidade da resistência a penetração do solo em função da dimensão da malha amostral**. Revista Plantio Direto - Setembro/Outubro de 2011

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de Safra brasileira: cana-de-açúcar, terceiro levantamento, dezembro/2014.**

CORTEZ, J.W.; OLSZEWSKI, N.; PIMENTA, W.A.; FILHO, A.P.P.; SOUZA, E.B.; NAGAHAMA, H.J. **Avaliação da intensidade de tráfego de tratores em alguns atributos físicos de um argissolo amarelo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo v 38:1000-1010, 2014.

DIAS JUNIOR, M. S.; FERREIRA, M. M.; FONSECA, S.; SILVA, A. R.; FERREIRA, D. F. **Avaliação quantitativa da sustentabilidade estrutural dos solos em sistemas florestais na região de Aracruz-ES.** Revista Árvore, Viçosa, v.23, n.4, p. 371-380, 1999.

DIOLA, V.; SANTOS, F.; **Capítulo 2: Fisiologia.** In: SANTOS, F.; BORÉM, A.; CALDAS, C.; **Cana-de-açúcar: bioenergia, açúcar e etanol: tecnologias e perspectivas.** 2.ed. revisão e ampliação- Viçosa: UFV 619 p. 2012.

EMBRAPA. TORRES, E.; SARAIVA, O.F. **Camadas de Impedimento Mecânico do Solo em Sistemas Agrícolas com a Soja.** Embrapa Soja (Londrina, PR). Circular Técnica, 23. 1999.

EMBRAPA. **EMBRAPA Tabuleiros Costeiros – Caracterização.** Disponível em: <http://www.cpatc.embrapa.br/index.php?pagina=5>. Acesso em 28/02/2015

FAUCONNIER, R.; BASSEREAU, D. **La caña de azucar.** Barcelona: Blume, 1975. In: Castro, P.R.C.; Kluge, R.A. (Coord.). **Ecofisiologia de culturas extrativas: cana-de-açúcar; seringueira; coqueiro; dendezeiro e oliveira.** Piracicaba – SP: ESALQ. Cosmópolis: Stoller do Brasil, V.1, p. 13-45. 2001.

FERNANDES, H.C.; LOPES, S.E.; LEITE, D.M.; MILAGRES, R.S.; SANTOS, L.N. **Compactação do solo em função do tráfego de máquinas florestais.** Revista Agrotecnologia, Anápolis, v. 4, n. 2, p. 85 - 98, 2013

FERREIRA, P.H.M. **PRINCÍPIOS DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO.** São Paulo: Nobel, 135 p. 1992.

FONSECA, L. F. L. da; KRUGLIANSKAS, I. (coord.) **Análise da expansão do complexo agroindustrial canavieiro no Brasil.** Brasília: WWF Brasil, 2008.

FRANCETTO, T.R.; LEINDECKER, J.A.; DAGIOS, R.F.; OLIVEIRA, Z.B. **Tráfego de máquinas agrícolas e alterações na densidade do solo e porosidade total de um argissolo vermelho em área sob videira.**

Apresentado no XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA-Campo Grande- MS, Brasil. 2014

HAMZA, M.A.; ANDERSON, W.K. **Soil compaction in cropping systems: a review of the nature, causes and possible solutions.** Soil and Tillage Research., Amsterdam. v.82 p.121-145, 2005.

HORN, R.; DOMZAL, H.; SLOWINSKA-JURKIEWICZ, A.; VAN OUWERKERK, C. **Soil compaction processes and their effects on the structure of arable soils and the environment.** Soil Tillage Research, v. 35, p. 23-36, 1995.

HORN, R.; VAN DEN AKKER, J.J.H.; ARVIDSSON, J. (Ed.). **Subsoil compaction: distribution, processes and consequences.** Reiskirchen: Catena Verlag, 2000. 462 p.

IORI, P.; DIAS JUNIOR, M.S.; SILVA, R.B. **Resistência do solo à penetração e ao cisalhamento em diversos usos do solo em áreas de preservação permanente.** Biociência Journal, Uberlândia, v. 28, Supplement 1, p. 185-195. 2012.

JACOMINE, P.K.T. **Evolução do conhecimento sobre solos coesos no Brasil.** In: WORKSHOP COESÃO EM SOLOS DOS TABULEIROS COSTEIROS. 2001, Aracaju, Anais... Aracaju: EMBRAPA-CPATC, p.19-46. 2001.

KIEHL, E.J. **Manual de edafologia: Relação solo-planta.**1979. In: MOTA, J.C.A.; FREIRE, A.G.; ASSIS JÚNIOR, R.N. **Qualidade Física de um Cambissolo Sob Sistemas de Manejo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v37: p.1196-1206, 2013.

LAMBE, T. W.; WITHMAN, R. V. **Soil Mechanics.** New York: John Wiley and Sons, 1979.

LIBARDI, P. L. Dinâmica da água no solo. São Paulo: Editora USP, 2005. 344p.

LIMA, R.P.; LEÓN, M.J.; SILVA, A.R. **Compactação do solo de diferentes classes texturais em áreas de produção de cana-de-açúcar.** Revista Ceres, Viçosa v. 60, n.1, p. 016-020, 2013a.

LIMA, R. P.; LEON, M. J.; SILVA, A. R. **Comparação entre dois penetrômetros na avaliação da resistência mecânica do solo à penetração.** Revista Ceres, v.60, p.577-581, 2013b.

LIMA, G.S. **Relação entre resistência mecânica do solo à penetração e textura do solo em área de colheita mecanizada de cana-de-açúcar no litoral paraibano.** 57 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia. 2014.

LOPES, E.S.; SAMPIETRO, J.A.; LOMBARDI, K.C. e DIAS, A.N. **Avaliação da umidade na compactação do solo submetido ao tráfego de máquinas de colheita florestal.** R. Árvore, 35:659-667, 2011.

LUCCHESI, A. A. **Cana-de-açúcar (Saccharum spp.).** In: CASTRO, P.R.C.; KLUGE, R.A. (Coord.). **Ecofisiologia de culturas extrativas: cana-de-açúcar; seringueira; coqueiro; dendezeiro e oliveira.** Piracicaba – SP: ESALQ. Cosmópolis: Stoller do Brasil, 2001. V.1, p. 13-45

MACEDO, I. C. **A Energia da Cana-de-açúcar – Doze estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil e a sua sustentabilidade.** São Paulo: Berlendis e Vertecchia, 2005.

MAGRO, F.J.; TAKAO, G.; CAMARGO, P.E.; TAKAMATSU, S.Y. **Biometria em Cana-de-Açúcar.** 18p. Piracicaba – SP: ESALQ. 2011.

MANTELATTO, P. E. **Estudo do processo de cristalização de soluções impuras de sacarose de cana-de-açúcar por resfriamento.** 272 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2005.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Produção Brasileira de Cana-de-açúcar, Açúcar e Etanol, janeiro/2015.** Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Desenvolvimento_Sustentavel/Agroenergia/estatisticas/producao/JANEIRO_2015/07_%20prod_cana_acucar_etanol.pdf. Acesso em 13 jan., 2015.

MARAFON, A.C. **Análise Quantitativa de Crescimento em Cana-de-açúcar: uma Introdução ao Procedimento Prático.** Aracaju, SE: Embrapa Tabuleiros Costeiros, Documentos 168, 31p, 2012.

MATSUOKA, S.; GARCIA, A.A.F.; BRESSIANI, J.; MACCHERONI, W. **Hibridação da cana-de-açúcar.** In: BORÉM, A. (Ed.). **Hibridação artificial de plantas.** Viçosa: UFV, 2 ed, p. 252-304. 2009.

MOLIN, J. P.; DIAS, C. T. S.; CARBONERA, L. **Estudos com penetrometria: Novos equipamentos e amostragem correta.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.16, p.584-590. 2012.

MOME FILHO, E.A. **Aplicação da penetrometria na quantificação da compactação do solo**. 88f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de plantas) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. 2012

MOTA, J.C.A.; FREIRE, A.G.; ASSIS JÚNIOR, R.N. **Qualidade Física de um Cambissolo Sob Sistemas de Manejo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v37: p.1196-1206, 2013.

MOZAMBANI, A.E.; PINTO, A.S.; SEGATO, S.V.; MATTIUZ, C.F.M. **Historia e morfologia da cana-de-açúcar**. In: SEGATO, S.V.; PINTO, A.S.; JENDIROBA, E.; NOBREGA, J.C.M. **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: SP, 415p. 2006.

OTTO, R.; SILVA, A. P.; FRANCO, E. C. A.; TRIVELIN, P. C. O. **High soil penetration resistance reduces sugarcane root system development**. Soil e Tillage Research, n. 117, p. 201–210, 2011.

OLIVEIRA, V. S. **Compactação em solos coesos dos Tabuleiros Costeiros de Alagoas**. Recife, 81 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. 2008.

OLIVEIRA, V. S.; ROLIM, M. M.; VASCONCELOS, R. F. B.; COSTA, Y. D. J.; PEDROSA, E. M. R. **Compactação de um Argissolo Amarelo distrocoeso submetido a diferentes manejos**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.14, n.9, p.914–920, 2010.

PACHECO, E.P. **Estudo da compressibilidade e qualidade de um argissolo amarelo cultivado com cana-de-açúcar nos tabuleiros costeiros de Alagoas**. 106f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia, Recife, 2010.

PASQUALETTO, A.; ZITO, R. **Impactos ambientais da monocultura da cana-de-açúcar**. Goiânia: Ed. UFG, 2000.

PRADO, H.; PÁDUA JUNIOR, A.L.; GARCIA, J.C.; MORAES, J.F.L. de; CARVALHO, J.P. de; DONZELI, P.L. **Ambientes de produção**. In DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASONCELOS, A.C.M. de; LANDELL, M.G. de A. **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônômico. Cap.4, p. 179-204. 2008.

RALISCH, R.; MIRANDA, T.M.; OKUMURA, R.S.; BARBOSA, G.M.C.; GUIMARÃES, M.F.; SCOPEL, E.; BALBINO, L.C. **Resistência à penetração de um Latossolo Vermelho Amarelo do Cerrado sob diferentes sistemas**

de manejo. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.12, n.4, p.381–384, 2008.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações.** Barueri: Manole, 2004. 478p.

REICHERT, J. M.; REINERT, J. D.; SUZUKI, L. E. A. S.; HORN, R. **Mecânica do solo.** In: LIER, Q. J. V. (editor) **Física do solo.** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. p. 29 – 102.

REINERT, D.J.; ALBUQUERQUE, J.A.; REICHERT, J.M.; AITA, C.; ANDRADA, M.M.C. **Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em argissolo vermelho.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v32: p. 1805-1816, 2008.

RESENDE, S.C. **Sistemas de manejo e sucessão de culturas na qualidade do solo nos tabuleiros costeiros Sergipano.** Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Núcleo de Pós-graduação e Estudos em Recursos Naturais, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia. Universidade Federal de Sergipe, 2009.

RIBON, A.A.; TAVARES FILHO, J. **Estimativa da Resistência Mecânica à Penetração de um Latossolo Vermelho sob Cultura Perene no Norte do Estado do Paraná.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v 32: p.1817-1825, 2008.

RICHART, A.; TAVARES FILHO, J.; BRITO, O.R.; LLANILLO, R.F. e FERREIRA, R. **Compactação do solo: Causas e efeitos.** Semina: Ciência Agrônômica, v26. p321-344, 2005.

RIZZO, L. T. de B. **Indicadores de resiliência do Latossolo Vermelho Escuro cultivado com citros e eucalipto em Itapetininga-SP: recuperação de um solo degradado pela compactação.** 200 f. Tese (Doutorado em Geografia física). Faculdade de Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 2000.

RHEINHEIMER, D.S., KAMINSKI, J.; LUPATINI, G.C.; SANTOS, E. J. S. **Modificações em atributos químicos de solo arenoso sob sistema plantio direto.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.22 p.713-721, 1998.

RODRIGUES, V.A.; MASIERO, F.C.; DARONCO, C.; NAVARRO, E.C.C. **Avaliação da resistência mecânica do solo à penetração na microbacia “d” núcleo cunha – SP.** Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal v.20. n1. 2012.

ROSSE, L. N.; VENCOVSKY, R.; FERREIRA, A. **Comparação de métodos de regressão para avaliar a estabilidade fenotípica em cana-de-açúcar.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF, v.37, p.25-32, 2002.

ROQUE, A.A.O.; SOUZA, Z.M.; BARBOSA, R.S.; SOUZA, G.S. **Controle de tráfego agrícola e atributos físicos do solo em área cultivada com cana-de-açúcar.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.45, n.7, p.744-750. 2010

SACHS, R.C.C; MARTINS, V.A. **Análise da Cultura da Cana-De-Açúcar, 1995-2006.** Informações Econômicas, SP, v.37, n.9, set. 2007.

SANTIAGO, A.D.; ROSSETTO, R. **Agência EMBRAPA de informação tecnológica – Árvore do conhecimento cana-de-açúcar – Preparo convencional.** 2007a. Disponível em:

http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_84_22122006154841.html Acesso em: 02 de mar. de 2015.

SANTIAGO, A.D.; ROSSETTO, R. **Agência EMBRAPA de informação tecnológica – Árvore do conhecimento cana-de-açúcar – Cultivo mínimo.** 2007b. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_85_22122006154841.html# Acesso em: 03 de mar. de 2015.

SCARPARI, M.S.; BEAUCLAIR, E.G.F. **Anatomia e botânica.** In: DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASONCELOS, A.C.M. de; LANDELL, M.G. de A. **Cana-de-açúcar.** Campinas: Instituto Agrônomo. Cap.2, p. 47-56. 2008.

SEGATO, S. V.; MATTIUZ, C. F. M.; MOZAMBANI, A. E. **Aspectos fenológicos da cana-de-açúcar.** In: SEGATO, S. V.; PINTO, A. S.; JENDIROBA, E.; NOBREGA, J. C. M. **Atualização em produção de cana-de-açúcar.** Piracicaba: SP, 415p. 2006.

SEIXAS, F. **Compactação do solo devido à colheita de madeira.** 75p. Tese (Livre - docência) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. 2000.

SEVERIANO, E. da C.; OLIVEIRA, G. C. de; DIAS JÚNIOR, M. de S.; CASTRO, M. B. de; OLIVEIRA, L. F. C.; COSTA, K. A. de P. **Compactação de solos cultivados com cana-de-açúcar: I - modelagem e quantificação da compactação adicional após as operações de colheita.** Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.30, n.3, p.404-413. 2010.

SILVA R. B.; DIAS JR, M. S.; SANTOS, F. L.; FRANZ, C. A. B. **Resistência ao cisalhamento de um Latossolo sob diferentes uso e manejo.** Revista Brasileira de Ciências do Solo, v.28, p.165-173, 2004.

SILVA, A.J.N.; CABEDA, M.S.V.; CARVALHO, F.G. **Matéria orgânica e propriedades físicas de um Argissolo Amarelo Coeso sob sistemas de manejo com cana-de-açúcar.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.10, n.3, p.579–585, 2006.

SIMÕES NETO, D. E.; MELO, M. M. DE; CAVALCANTI, C. A. C. **Comportamento da Variedade RB763710 em diversos locais do Estado de Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte.** In: Anais do 6º Congresso Nacional da STAB. Maceió, P. 200-206. 1996.

SIMÕES NETO, D.E.; MELO, L.J.O.T.; CHAVES, A.; LIMA, R.O.R. **Lançamentos de novas variedades RB de cana-de-açúcar.** Recife: UFRPE. Imprensa Universitária – Boletim Técnico, 28 p. 2005.

SOARES, J.L.N.; ESPÍNDOLA, C.R.; CASTRO, S.S. **Alteração física e morfológica em solos cultivados sob sistema tradicional de manejo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v 29:1005-1014, 2005.

SOANE, B.D.; BLACKWELL, P.S.; DICKSON, J.W.; PAINTER, DJ. **Compaction by agricultural vehicles: a review. II. Compaction under tyres and other running gear.** Soil and Tillage Research, v. 1, p. 373-400, 1981.

SOANE, B.D. **Process of soil compaction under vehicular traffic and means of alleviating it.** In: LAL, R. et al. (Ed). **Land clearing and development in the tropics.** Rotterdam: Balkema, p.265-297. 1986.

SODRÉ, F.F.; LENZI, E.; COSTA, A.C.S. **Utilização de modelos físico-químicos de adsorção no estudo do comportamento do cobre em solos argilosos.** Química Nova. v. 24, n. 3, p324-330. 2001.

SOUZA, L.S. **Uso e manejo dos solos coesos dos tabuleiros costeiros.** In: **Reunião técnica sobre solos coesos dos tabuleiros costeiros - pesquisa e desenvolvimento para os tabuleiros costeiros, 1996,** Cruz das Almas, Anais... Aracaju: EMBRAPA-CPATC/EMBRAPA-CPNMF/ EAUFBFA/IGUFBA, 1996, p.36.75.

SOUZA, Z. M. de; PRADO, R. de M.; PAIXÃO, A. C. S.; CASARIN, L. G. **Sistemas de colheita e manejo da palhada de cana-de-açúcar.** Pesquisa agropecuária Brasileira, Brasília, v.40, n.3, p. 271-278, mar 2005.

SOUZA, A.P.S.B. **Monitoramento do efeito residual da degradação e bioindicadores da recuperação do solo.** 123f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. Área de Concentração: Ciência do Solo. 2010.

SOUZA, P.H.N. **Avaliação do Comportamento Agrotecnológico de Clones e Variedades de Cana-de-Açúcar na Região Central de Pernambuco.** Dissertação (Mestrado em Melhoramento Genético de Plantas) – Departamento de Agronomia, UFRPE. 2011.

SOUZA, E.B.; PATROCÍNIO FILHO, A.P.; PIMENTA, W.A.; NAGAHAMA, H.J.; CORTEZ, J.W. **Resistência mecânica do solo à penetração em função da sua umidade e do tipo de penetrômetro.** Revista Engenharia na agricultura, viçosa - mg, v.22 n.1, p.67-76. 2014.

STOLF, R. **Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v 15: p.229-235. 1991.

TORMENA, C.A.; BARBOSA, M.C.; COSTA, A.C.S.; GONÇALVES, A.C.A. **Densidade, porosidade e resistência à penetração em latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo.** Revista Scientia Agricola, v.59, n.4, p.795-801. 2002

TOPPA, E.V.B.; JADOSKI, C.J.; JULIANETTI, A.; HULSHOF, T.; ONO, E.O.; RODRIGUES, J.D. **Aspectos da fisiologia de produção da cana-de-açúcar (*Saccharum Officinarum L.*).** Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia. v.3, n.3, Set.- Dez. 2010.

UNICAMP/UNICA. Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético. **Estudo sobre as possibilidades e impactos da produção de grandes quantidades de etanol visando à substituição parcial de gasolina no mundo.** Relatório final. Campinas, 2005.

VARELLA, C. A. A. **Efeitos dos sistemas de cultivo convencional, mínimo e direto no escoamento superficial e nas perdas de solo.** 47f Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Agronomia, pós-graduação em fitotecnia. 1999.

VASCONCELOS, R.F.B.; CANTALICE, J.R.B.; OLIVEIRA, V.S.; COSTA, Y.D.J.; CAVALCANTE, D.M. **Estabilidade de Agregados de um Latossolo Amarelo Distrocoeso de Tabuleiro Costeiro sob Diferentes Aportes de Resíduos Orgânicos da Cana-de-Açúcar.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, 34: p.309-316. 2010.

WÜRSCHÉ, W.; DENARDIN, L.E. **Conservação e manejo dos solos - I. Planalto Rio-grandense.** Circular Técnica, n. 2, p. 1-20. 1980.

ZERBINATI, M. T. **Efeitos da Compactação do Solo devido ao tráfego de Máquinas Agrícolas.** 2010. Disponível em: <http://agrimanagers.wordpress.com/2010/03/24/efeitos-da-compactação-do-solo-devido-ao-trafego-de-maquinas-agricolas/>. Acesso em 09 set, 2014.

CAPÍTULO II

COMPACTAÇÃO DO SOLO NO DESENVOLVIMENTO INICIAL E PRODUÇÃO DE BIOMASSA NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR

COMPACTAÇÃO DO SOLO NO DESENVOLVIMENTO INICIAL E PRODUÇÃO DE BIOMASSA NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR

Resumo

A mecanização agrícola ao longo do tempo, através da resistência à penetração do solo, pode exercer influência sobre as respostas de parâmetros biométricos e produção de biomassa no desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar. Para avaliação desta influência, foi instalado um experimento em 2014, em área de renovação de um Argissolo Amarelo Distrocoeso da Estação Experimental de Cana-de-Açúcar de carpina (EECAC) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), localizada no município de Carpina-PE, utilizando-se o delineamento de blocos casualizados com arranjo fatorial 2x2 e 4 repetições, sendo estes fatores variedade e preparo do solo. Nas avaliações biométricas foi considerado número de plantas por metro linear de sulco, área foliar da folha +3, altura de colmo até o colarinho da folha +1 e diâmetro de colmo em seu terço médio. As mensurações foram feitas aos: 60, 90, 120 e 150 dias após o plantio (DAP). Aos 60 DAP determinou-se com uso de penetrômetro a compactação do solo (resistência à penetração) e, decorridos 150 DAP obteve-se a produção de biomassa. Com a análise de variância, o teste de Tukey ao nível de 1 e 5% de probabilidade foi aplicado para os fatores significativos. Verificou-se que a compactação do solo (resistência à penetração) em todos os tratamentos adotados apresentou efeito significativo sobre as variáveis biométricas e produção de biomassa.

Palavras-chave: Resistência à penetração; Mecanização agrícola; Cana-de-açúcar; Biometria

SOIL COMPACTION IN THE EARLY DEVELOPMENT AND PRODUCTION OF BIOMASS IN THE CULTURE

Abstract

The agricultural mechanization over time, through the soil resistance to penetration, can influence the responses of biometric parameters and biomass production in the early development of sugarcane. To evaluate this influence, an experiment was conducted in 2014, on the renewal area of a Udule Distrocoeso the Experimental Station of Cane Sugar carpenter of (EECAC) of the Federal Rural University of Pernambuco (UFRPE), located in the municipality of Carpina -PE, using a randomized complete block design with a 2x2 factorial arrangement and four replications, and these factors variety and soil preparation. In biometric evaluations was considered number of plants per meter groove, leaf area +3, stem height to the collar of leaf +1 and stem diameter in its middle third. The measurements were taken at: 60, 90, 120 and 150 days after planting (DAP). 60 DAP was determined with the use of compaction of the soil penetrometer (penetration resistance) and, after DAP 150 was obtained biomass production. With the analysis of variance, Tukey's test at 1 and 5% probability was applied to the significant factors. It has been found that the compaction (resistance to penetration) adopted in all treatments had a significant effect on the biometric variables and biomass

Keywords: Resistance to penetration; Agricultural mechanization; Sugar cane; biometrics

Introdução

A crescente ocupação da zona da mata pernambucana pelo setor industrial e imobiliário tem levado a redução das áreas de cultivo da cana-de-açúcar, bem como a escassez crescente de mão de obra. Conforme dados de estimativas da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), derivados do terceiro levantamento do acompanhamento da safra Brasileira, para o ano agrícola de 2014/2015, verifica-se que o Estado de Pernambuco apresenta uma redução da área destinada ao cultivo de cana-de-açúcar de 284.6 hectares da safra 2013/2014 para 260.1 hectares na safra 2014/2015, o que representa uma variação negativa de 8,61% (CONAB, 2014).

Com a expansão do setor agrícola a degradação ambiental vem aumentando demasiadamente, ocasionando grandes impactos pelo uso cada vez mais constante de maquinários pesados e alto fluxo do tráfego de tratores agrícola. No Brasil, a cana (*Saccharum officinarum* L.) é de vital importância dentro de um contexto sócio-econômico, sendo a principal matéria-prima para a produção de etanol como combustível para motores, e açúcar (DALCHIAVON et al., 2013). Silva e Castro (2013), consideram a cana-de-açúcar uma cultura que induz alto potencial de compactação do solo, por utilizar máquinas pesadas nas várias fases do cultivo e na colheita. Ainda de acordo com este autor, além de prejudicial à própria cultura, a compactação pode causar outros problemas ao ambiente de produção, como erosão dos solos e suas consequências. Devido ao tempo de sua permanência no campo, o solo fica muito susceptível à compactação, processo dependente de diversos fatores intrínsecos e extrínsecos deste. (MOME FILHO 2012).

Por estar diretamente relacionada ao aumento de massa ou à redução do espaço poroso, a compactação tem estreita relação com algumas propriedades físicas e mecânicas do solo. Em solos compactados, a densidade do solo (D_s) aumenta e a porosidade e a permeabilidade diminuem (REICHERT et al., 2007). Essas alterações interferem na retenção, no movimento e na disponibilidade de água (REICHERT et al., 2011); com isso, os mecanismos que governam o fluxo de nutrientes no solo e sua absorção pelas plantas são influenciados (MEDEIROS et al., 2005). Além disso, ao reduzir o tamanho dos poros e sua continuidade, diminui as trocas gasosas e a quantidade de

oxigênio disponível na rizosfera, o que prejudica os processos metabólicos da planta (QUEIROZ-VOLTAN et al., 2000), a transpiração e o acúmulo de matéria seca (BERLATO et al., 1986).

Além disso, em condições extremas, as raízes enviam sinais à parte aérea, informando que as condições para o desenvolvimento da planta estão restritas, sendo necessário reduzir a taxa de crescimento, o que diminui a produtividade das culturas (TAYLOR e BRAR, 1991).

Segundo BERNOUX et al (2006) o plantio direto de algumas culturas tem sido avaliado como sustentável devido aos seus efeitos positivos na conservação de solos, na construção integrada da fertilidade do solo sob aspectos químicos, físicos e biológicos, na redução de custos em combustíveis e manutenção de máquinas, na menor demanda de trabalho e na melhoria da rentabilidade das explorações (McGARRY, 2003; BOLLIGER et al., 2006; HOBBS, 2007).

Os sistemas de cultivo conservacionistas têm substituído os sistemas convencionais, aumentando a capacidade produtiva dos solos, melhorando as condições físicas, em função da redução da intensidade do preparo do solo. Onde, o preparo do solo, semeadura, práticas culturais e colheita devem ser efetuadas em condição adequada de umidade do solo, pois pode causar redução na porosidade do solo, o fluxo de líquido e gases e aumentará a densidade do solo, e conseqüentemente reduzir a produtividade das culturas e pecuária (BASSO et al., 2011).

Deste modo este trabalho teve como objetivo avaliar o modo como a compactação do solo (resistência à penetração), provocada pelo tráfego de maquinário agrícola nos tratamentos adotados, pode interferir no desenvolvimento e produção de biomassa da cana-de-açúcar nos estádios iniciais do ciclo da cultura.

Material e Métodos

O experimento de campo foi conduzido na Estação Experimental de Cana-de-açúcar de Carpina (EECAC), da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), localizada no município de Carpina, na Zona da Mata Norte do Estado de Pernambuco, no talhão 4, apresentando as seguintes coordenadas geográficas: 7° 51' 13''S e 35° 14' 10''W, com altitude de 180 m. De acordo com a classificação de Köppen, a região apresenta clima do tipo As', que se caracteriza por ser quente e úmido, com chuvas de outono-inverno e período seco entre setembro a fevereiro (Pereira et al., 2002).

O solo da área é classificado como Argissolo Amarelo distrocoeso, segundo Embrapa (2006), de classe textural franco-arenosa, precedendo a instalação do ensaio foram coletadas amostras de solo nas camadas de 0,0-0,2 e 0,2-0,4m objetivando a recomendação de adubação e correção do solo, os resultados das análises química estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados de análise química do solo da área experimental, em duas profundidades, 0,0-0,2 e 0,2-0,4m na EECAC, Carpina-PE.

Profundidade (cm)	Características												
	K	Na	Al	Ca	Mg	H	S.B ⁽¹⁾	CTC ⁽²⁾	V ⁽³⁾	C	m ⁽⁴⁾	M.O.	pH
	cmol _c /dm ³								%				
00-20	0,13	0,06	0,1	2,1	1,3	3,53	3,59	7,22	49,7	1,01	2,71	1,87	5,1
20-40	0,07	0,03	0,3	1,8	0,6	3,87	2,51	6,68	37,54	1,07	10,69	1,78	4,8

SB⁽¹⁾: Soma de Bases; CTC⁽²⁾: Capacidade de Troca Catiônica; V⁽³⁾: Saturação por Bases; m⁽⁴⁾: Saturação por alumínio.

Uma caracterização física do solo onde foi conduzido o ensaio citado por Simões Neto (2008), está apresentada na Tabela 2, a título de ilustração.

Tabela 2. Características físicas do solo na EECAC, Carpina-PE.

Características									
Areia (g kg ⁻¹)	Silte (g kg ⁻¹)	Argila (g kg ⁻¹)	Classe textural	Ds (Mg m ⁻³)	Dp (Mg m ⁻³)	α (Mg m ⁻³)	CC (g g ⁻¹)	PMP (g g ⁻¹)	K (cm h ⁻¹)
785,8	54,6	159,6	Franco Arenoso	1,41	2,67	0,47	0,09	0,05	11,60

A precipitação pluvial média dos meses compreendidos entre maio de 2014 e janeiro de 2015, encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3: Precipitação pluvial mensal em milímetros no local do experimento conduzido na EECAC, Carpina-PE.

Ano	Precipitação pluvial mensal (mm)												
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
2014	-	-	-	-	188,2	132,1	109	63,3	155,2	44,6	28,1	38,7	759,2
2015	11,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,5

O experimento foi conduzido no período entre maio de 2014 a janeiro de 2015, sendo o plantio da cana-de-açúcar realizado em 18 de agosto de 2014 e o corte em 15 de janeiro de 2015. Ocupando uma área de cerca de 0,8 hectares o experimento foi composto por um total de 16 parcelas, cada uma constituída por 23 sulcos de 16 metros de comprimento e espaçados de 1,10 metros, o que corresponde a uma unidade experimental de 404,8m², e uma área útil para obtenção de dados biométricos composta de 92,4m², ou seja, seis sulcos a saber, o 5^o, 6^o, 7^o, 17^o, 18^o e 19^o sulco, desprezando-se um metro de cada extremidade. Estas posições têm como objetivo uma amostragem mais distribuída dentro da parcela experimental.

O delineamento experimental adotado foi blocos casualizados, com arranjo fatorial 2x2 com 4 repetições, sendo os fatores variedade e preparo do solo, conforme discriminados na Tabela 4.

Tabela 4. Tratamentos adotados no experimento composto de 2 fatores para estudo do efeito da compactação no argissolo caracterizado na EECAC, Carpina-PE.

Fatores	Tratamentos
V - Variedade	V1 - RB92579
	V2 - RB867515
P - Preparo	P1 - Preparo mínimo*
	P2 - Preparo convencional**

* O preparo mínimo ou cultivo mínimo compreendeu da dessecação da socaria e posterior sulcagem direta.

** O preparo convencional foi o mais usual da região que será descrito mais adiante.

As variedades utilizadas foram RB92579 e RB867515 por serem as mais cultivadas no nordeste brasileiro. A RB92579 possui ótimo perfilhamento e brotação de socaria, alta produtividade agrícola, possui maturação mediana, elevado ATR e rápida recuperação ao estresse hídrico (seca), e a RB867515 possui alto teor de sacarose e alta produtividade agrícola, responsiva a maturador podendo ser cortada em início de safra, apresenta excelente desenvolvimento, com boa brotação na planta e socas, com excelente desempenho em solos de textura arenosa (RIDESA, 2010).

Os preparos utilizados foram o preparo mínimo (P1) ou conforme denominação usual na região cultivo mínimo, que consiste na erradicação química e posterior sulcagem. Enquanto que o preparo convencional (P2) utilizado na região, obedeceu os seguintes procedimentos: utilizando-se um trator Massey Ferguson modelo 4292 realizou-se a gradagem com uma grade pesada de controle remoto composta de 16 discos de 28 polegadas a uma velocidade média de $5,8 \text{ km.h}^{-1}$ em segunda marcha reduzida a 1600 RPM. Após a gradagem, foi realizada a sulcagem com um sulcador de 3 corpos regulado para sulcar a uma profundidade de 0,3m tracionado por um trator John Deere 6405, com velocidade semelhante a primeira operação agrícola.

Com base nas análises química do solo na área experimental foi realizada a aplicação de $1,0 \text{ Mg}^{-1}$ de calcário dolomítico e $0,5 \text{ Mg}^{-1}$ de gesso agrícola para correção do solo, com base na recomendação de adubação para Pernambuco segundo Cavalcanti (2006), aplicando $0,5 \text{ Mg}^{-1}$ da formulação 12-24-18. Os defensivos agrícolas utilizados constaram de uma aplicação na dose de 4 L.ha^{-1} do herbicida Glifosato para dessecação da socaria e uma dose de 3 L.ha^{-1} do herbicida Metribuzin em pré-emergência da cultura e das plantas daninhas.

Para as determinações que constam na tabela 1 que se referem a análise química, foram coletadas com uso de trado, amostras compostas nas profundidades 0,0-0,2 e 0,2-0,4 metros.

Na avaliação da resistência à penetração (RP) foi utilizado um penetrômetro digital Falker, modelo PenetroLOG-PLG 1020, com aptidão eletrônica para aquisição de dados. O penetrômetro foi configurado para registrar leituras a cada 0,01 m de incremento de profundidade, trabalhando a velocidade de penetração constante. Os dados de RP foram analisados a uma profundidade até 0,40 m através do Software PenetroLOG.

As análises biométricas das plantas de cana-de-açúcar se deu aos 60, 90, 120 e 150 dias após o plantio (DAP), realizadas na área útil de cada unidade experimental, ou seja, nos seis sulcos citados anteriormente e em 14 metros de comprimento para determinação das seguintes variáveis: a) Número de plantas por metro linear; b) Comprimento e largura da folha +3 para obtenção da área foliar; c) Altura de colmo, sendo esta medida do solo até a interseção do limbo com a bainha da folha +1; e) Diâmetro de colmo medido no seu terço médio. Estes dados coletados em campo precedeu o corte da área útil para obtenção da biomassa verde e seca total das plantas.

O número de plantas por metro linear é obtido por meio da contagem das plantas ao longo das linhas de cultivo na área útil, iniciada 2 meses após o plantio. O diâmetro médio do colmo foi medido no terço médio do colmo, com o auxílio de paquímetro e a altura de planta foi obtida por meio da utilização de uma trena, medindo-se da superfície do solo até a inserção do limbo com a bainha da folha +1 (primeira folha superior desenvolvida e com a lígula visível).

Os valores de comprimento e largura das folhas foram utilizados para calcular a média da área foliar das folhas +3 utilizando-se a fórmula descrita por Hermann e Câmara (1999): $AF = C \times L \times 0,75$ onde C é o comprimento, L a largura e 0,75 o fator de correção para a cultura.

Decorridos 150 DAP o experimento foi encerrado com as devidas biometrias e conforme mencionado, cortadas todas as plantas da área útil das parcelas para obtenção dos dados de produção de biomassa verde e seca da cultura. O material vegetal de cada parcela foi pesado e logo após passada uma amostra em máquina forrageira e, em seguida sub-amostras colocadas em sacos de papel devidamente etiquetados foram levadas para secar em estufa de circulação forçada a 65°C até obter-se peso constante.

Os dados foram submetidos à análise de variância e posteriormente ao teste de média, sendo este, uma forma de avaliar o contraste entre as duas médias de medidas (tratamento). Calculado o contraste (DMS) para os níveis de significância α (probabilidade), que comumente são de 1 e 5% de nível de probabilidade, se neste teste o contraste das médias for maior que a DMS para 1 ou 5%, então a diferença das médias é significativa.

Resultados e discussões

As variáveis biométricas, dentre outras, são determinantes da produção agrícola da cultura. Aos 60 dias após o plantio (DAP) as variáveis analisadas número de plantas por metro linear (NP), altura de planta (AP) e área foliar (AF), apresentaram efeito significativo aos tratamentos adotados ao avaliar o efeito da compactação nas variedades empregadas de acordo com cada preparo neste estudo: variedade e preparo do solo. Este efeito é observado na tabela 5.

Tabela 5. Resumo da análise de variância para número de plantas por metro linear (NP), altura de planta (AP) e área foliar (AF) da cana-de-açúcar sob efeito dos tratamentos adotados aos 60 DAP. EECAC - Carpina - PE.

60 DAP	QM			
	Variáveis			
FV	GL	NP	AP	AF
Bloco	3	0,03**	0,2**	179,33**
Preparo (P)	1	5,67**	2183,69**	1116,56**
Erro 1	3	0,00	0,00	2,34
Variedade (V)	1	4,23**	2,11**	73,87**
P x V	1	0,44**	184,68**	72,16**
Erro 2	6	0,00	0,01	0,95
CV (%)		0,58	0,41	2,91
Média Geral		5,23	32,05	52,61

^{ns} não significativo, * significativo a 5%, ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F

Observou-se diferença significativa do preparo mínimo (P1) nas variedades RB92579 (V1) e RB967515 (V2), assim como o preparo convencional (P2), notando-se ainda que o P1 teve efeito positivo no número de plantas (perfilhos) nas duas variedades, sendo a V1 a variedade que melhor respondeu ao preparo mínimo, de acordo com a tabela 6. O perfilhamento corresponde ao processo de emissão de colmos por uma mesma planta, que são denominados perfilhos (MATSUOKA, 1996), variando entre espécies, variedades e manejo cultural. Segundo Machado et al. (1982), na fase inicial de desenvolvimento da cana-de-açúcar ocorre um intenso perfilhamento.

Ainda na mesma tabela pode-se observar maior incremento na altura das plantas quando utilizado o P1, em que as duas variedades apresentaram valores de altura semelhantes, não diferindo entre si neste preparo.

O P2 afetou negativamente o crescimento inicial das duas variedades, sendo a V1 mais susceptível ao baixo crescimento provocado pelo preparo convencional (P1) do solo usual na região. Por ter o crescimento aérea mais afetado com o P1, a V1 apresentou menor valor de área foliar quando submetida a este preparo, tanto quando comparada com a V2, como quando comparando os tratamentos de preparos. A V2 foi menos afetada quando cultivada em solo preparado de forma convencional, mas seu melhor resultado foi com o preparo mínimo.

Entre as duas variedades, a RB92579 respondeu melhor ao preparo mínimo em duas variáveis biométricas avaliadas aos 60 DAP: NP e AF, obtendo resultados médios de 6,51 plantas por metro linear e 46,76 cm² de área foliar, enquanto que a RB867515 (V2) apresentou maior crescimento da parte aérea apresentando 60,99 cm de altura de planta, mesmo esse valor não diferindo significativamente do valor apresentado pela V2. (Tabela 6).

Tabela 6. Número de plantas por metro linear, altura de planta e área foliar da cana-de-açúcar sob efeito dos tratamentos adotados aos 60 DAP. EECAC - Carpina - PE.

Época	Número de Plantas			Altura de Plantas		Área foliar	
	P	V1	V2	V1	V2	V1	V2
60 DAP	P1	6,51 Aa	5,15 Ab	60,95 Ab	60,99 Ab	46,76 Aa	40,70Ab
	P2	4,99 Ba	4,29 Bb	39,99 Bb	48,54 Ba	16,60 Bb	24,13Ba

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na linha, e pela mesma letra maiúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Decorridos 90 DAP é possível observar a diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de F, sobre as três variáveis biométricas analisadas nesta época citada (Tabela 7): número de plantas por metro linear, altura de plantas e área foliar. Observando os valores médios de cada variável, verifica-se que a altura de planta teve mais de 100% de acréscimo em seu valor, que aos 60 DAP teve crescimento de 32,05 cm e aos 90 DAP obteve

crescimento de 80,09 cm, superando assim as demais características avaliadas.

Tabela 7. Resumo da análise de variância para número de plantas por metro linear (NP), altura de planta (AP) e área foliar (AF) da cana-de-açúcar sob efeito dos tratamentos adotados aos 90 DAP. EECAC - Carpina - PE.

90 DAP	QM			
	Variáveis			
FV	GL	NP	AP	AF
Bloco	3	0,08**	787,34**	0,54**
Preparo (P)	1	32,51**	716,49**	3793,02**
Erro 1	3	0,00	13,55	0,00
Variedade (V)	1	2,86**	1076,66**	1009,80**
P x V	1	2,53**	21,92**	1231,13**
Erro 2	6	0,00	1,12	0,24
CV (%)		0,02	4,60	0,59
Média Geral		10,85	80,09	83,36

^{ns} não significativo, * significativo a 5%, ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F

A V2 apresentou maior altura que a V1 nas duas épocas, 60 e 90 DAP, para os dois preparos utilizados, sendo mais beneficiada pelo preparo mínimo (P1). Quando observado o número de plantas por metro linear aos 90 DAP (Tabela 8), a RB867515 (V2) é a variedade mais afetada pelo preparo convencional usual na região. A RB92579 (V1) apresenta maior sensibilidade aos efeitos negativos do preparo convencional (P2) em relação a RB867515 (V2) quando analisada a altura das plantas e área foliar das mesmas.

Tabela 8. Número de plantas por metro linear, altura de planta e área foliar da cana-de-açúcar sob efeito dos tratamentos adotados aos 90 DAP. EECAC - Carpina - PE.

Época	Número de Plantas		Altura de Plantas		Área foliar		
	P	V1	V2	V1	V2	V1	V2
90 DAP	P1	12,30Aa	12,25Ab	79,75Ab	93,81Aa	99,59Aa	97,93Ab
	P2	10,25Ba	8,61Bb	64,02Bb	82,77Ba	51,25Bb	84,68Ba

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na linha, e pela mesma letra maiúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os tratamentos adotados apresentaram diferença significativa entre si, sendo os melhores resultados observados no tratamento composto pelo preparo mínimo (P1).

Para as análises realizadas aos 120 DAP, foi observado o número de plantas por metro linear, altura de plantas, área foliar e diâmetro de colmo, onde este último só começa a crescer neste período. O diâmetro de colmo não apresentou diferença significativa na interação, apresentando diferenças quando os tratamentos foram analisados separadamente. O número de plantas apresentou diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F, enquanto que altura de planta e diâmetro de colmo apresentaram diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade pelo mesmo teste, como descreve a tabela 9.

Maule et al. (2001), relataram que o diâmetro do colmo seria mais uma característica genética inerente às variedades e que pode ser influenciado pelo ambiente de produção, diferindo deste estudo, onde o diâmetro de colmo não sofreu interferência nas interações.

Tabela 9. Resumo da análise de variância para número de plantas por metro linear (NP), altura de planta (AP) e área foliar (AF) e diâmetro do colmo (DC) da cana-de-açúcar sob efeito dos tratamentos adotados aos 120 DAP. EECAC - Carpina - PE.

120 DAP	QM				
	Variáveis				
FV	GL	NP	AP	AF	DC
Bloco	3	0,76 ^{ns}	1502,62**	66,33 ^{ns}	0,41**
Preparo (P)	1	28,12**	852,74**	10978,17**	0,23**
Erro 1	3	0,51	18,10	79,78	0,00
Variedade (V)	1	23,05**	1046,15**	113,22 ^{ns}	0,12**
P x V	1	4,43*	461,09**	2722,93**	0,00 ^{ns}
Erro 2	6	0,51	2,82**	79,14	0,00
CV (%)		4,91	4,23	6,38	2,68
Média Geral		14,63	100,48	139,43	2,28

^{ns}não significativo, * significativo a 5%, ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F

Os resultados apresentados na tabela 10 mostram aos 120 DAP a V2 apresentou mesmo comportamento em termo de altura de planta para os dois

tratamentos de preparo os quais foi submetida. Analisando a altura de planta apenas no preparo mínimo, as duas variedades não diferem entre si quando submetidas ao teste de F. A variedade 2 apresentou maiores valores de diâmetro de colmo em relação à variedade 1, quando submetidas aos dois preparos. A V2 aos 120 DAP apresentou maior sensibilidade ao P2 para altura de planta, área foliar e diâmetro de colmo, sendo apenas menos sensível quando tratando-se do número de plantas por metros linear.

Tokeshi (1986), observou que o perfilhamento em cana-de-açúcar tem seu ponto máximo entre 120 e 180 dias após o plantio (DAP) e quando os perfilhos maiores atingem em torno de 50cm de altura do colo até a lígula da folha +1, inicia-se a concorrência por luz, água e nutrientes, corroborando com este estudo, onde aos 120 DAP houve maior número de plantas por metro linear. Silva (2007), trabalhando com sete variedades de cana em primeiro ciclo de cultivo na região de Coruripe - AL, verificou o máximo perfilhamento em duas épocas, de acordo com a variedade: aos 60 DAP para as variedades RB92579, RB867515, RB93509, SP79-1011 e RB72454 e aos 90 DAP para as variedades RB855113 e Co997, o que difere dos dados deste estudo.

A tendência é estabilizar o número de perfilhos, e mais tarde, com o crescimento dos colmos dominantes, o seu número decresce com a eliminação dos mais novos, fracos, doentes e mal posicionados (SEGATO et al., 2006).

Tabela 10. Número de plantas por metro linear, altura de planta, área foliar e diâmetro do colmo da cana-de-açúcar sob efeito dos tratamentos adotados aos 120 DAP. EECAC - Carpina - PE.

Época	Número de Plantas		Altura de Plantas		Área foliar		Diâmetro do colmo		
	P	V1	V2	V1	V2	V1	V2	V1	V2
120 DAP	P1	17,69Aa	14,23Ab	105,06Bb	110,50Bb	181,11Aa	149,70Ab	2,34Ab	2,47Aa
	P2	13,98Ba	12,64Bb	79,73Ab	106,64Ba	103,06Bb	123,84Ba	2,05Bb	2,27Ba

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na linha, e pela mesma letra maiúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Aos 150 DAP foi analisada todas as variáveis biométricas, sendo estas, número de plantas por metro linear, altura de planta, área foliar e diâmetro de

colmo, além de avaliar a produção de biomassa verde e seca das duas variedades observadas em relação aos dois preparos adotados.

Neste trabalho observou-se na tabela 10, estabilidade no número de plantas por metro linear, diferentemente de Oliveira et al. (2004), que estudando o crescimento e o desenvolvimento de três variedades de cana-de-açúcar, não obteve estabilidade dos dados aos 150 DAP, e sim, observaram o máximo perfilhamento ainda entre 180 e 240 DAP.

A tabela 11 apresenta resultados de significância ao nível de 1 % de probabilidade para as variáveis altura de planta, área foliar, diâmetro de colmo e produção de biomassa seca, enquanto que número de plantas por metro linear e produção de biomassa verde, não apresentou diferença significativa para a interação dos tratamentos utilizados.

O número de plantas apresentou significância ao nível de 1% de probabilidade para o efeito do preparo isolado e significância ao nível de 5% de probabilidade para o comportamento de cada variedade isolada. Enquanto que a produção de biomassa apresentou diferença significativa apenas para as variedades isoladas ao nível de 1% de probabilidade quando submetida ao teste de F.

Tabela 11. Resumo da análise de variância para número de plantas por metro linear (NP), altura de planta (AP) e área foliar (AF) e diâmetro do colmo (DC), biomassa verde (BmV) e biomassa seca (BmS) da cana-de-açúcar sob efeito dos tratamentos adotados aos 150 DAP. EECAC - Carpina - PE.

150 DAP	QM						
	Variáveis						
FV	GL	NP	AP	AF	DC	BmV	BmS
Bloco	3	0,00**	957,96**	1,17**	0,35**	0,19**	0,01**
Preparo (P)	1	2,52**	769,09**	14942,61**	0,03**	0,01 ^{ns}	0,01**
Erro 1	3	0,00	1,27	0,00	0,00	0,00	1,80
Variedade (V)	1	1,66*	1480,51**	3575,44**	0,00**	0,41**	0,01**
P x V	1	0,18 ^{ns}	244,53**	4557,60**	0,02**	0,00 ^{ns}	0,00**
Erro 2	6	0,13	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00
CV (%)		3,03	1,05	0,01	0,11	8,19	1,92
Média Geral		12,03	107,78	377,89	2,82	0,72	0,18

^{ns} não significativo, * significativo a 5%, ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F

As variedades V1 e V2 apresentaram comportamento semelhante quanto ao número de plantas quando submetidas ao preparo convencional, não havendo diferença significativa entre elas. Para a variável diâmetro de colmo, o preparo mínimo e o preparo convencional ocasionaram diferença significativa na variedade V1, embora a mesma apresente resultados bem semelhantes quando submetida aos dois tratamentos, conforme mostra a tabela 12.

A V1 apresentou melhores resposta ao tratamento do preparo mínimo do que a V2 no que se trata de número de plantas por metro linear, área foliar, diâmetro de colmo e produção de biomassa seca. A V2 apresenta menor efeito negativo do preparo convencional no número de plantas por metro linear, no diâmetro de colmo e na produção de Biomassa seca.

Tabela 12. Número de plantas por metro linear, altura de planta, área foliar, diâmetro do colmo e biomassa seca da cana-de-açúcar sob efeito dos tratamentos adotados aos 150 DAP. EECAC - Carpina - PE.

Época	P	Número de Plantas		Altura de Plantas		Área foliar		Diâmetro do colmo		Biomassa seca	
		V1	V2	V1	V2	V1	V2	V1	V2	V1	V2
150 DAP	P1	12,86Aa	12,00Ab	109,01Ab	120,43Aa	410,38Aa	406,52Ab	2,83Ab	2,91Aa	0,23 Aa	0,19 Ab
	P2	11,85Bb	11,42Bb	87,32Bb	114,38Ba	315,50Bb	379,16Ba	2,81Ba	2,74Bb	0,20 Ba	0,11 Bb

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na linha, e pela mesma letra maiúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Ainda de acordo com a tabela 12, o preparo mínimo (P1) favorece positivamente o desenvolvimento das duas variedades RB92579 (V1) e RB8678515 (V2). A operação agrícola do preparo convencional usual da região no plantio da variedade RB867515 mostrou que a mesma é mais sensível a este preparo do que a variedade RB92579 quanto avaliado o número de plantas por metro linear, o diâmetro de colmo e a produção de biomassa seca. A V2 mostrou-se mais sensível ao preparo convencional quando avaliada a altura de planta e a área foliar.

Uma característica do preparo mínimo do solo é o melhor desenvolvimento radicular, devido a maior umidade do solo neste sistema, o que explica a superioridade deste, uma vez que a maior presença de poros neste cultivo facilita o armazenamento de água, desta forma, a porosidade é altamente beneficiada. Indica-se este sistema como uma opção a ser utilizada

em áreas de baixa disponibilidade de água, por ser uma alternativa viável para economia de água de irrigação.

De acordo com Camargo & Alleoni (1997) aumento da compactação e a consequente redução do tamanho dos poros, a ponto de impedir a passagem da raiz principal, são compensados pelo aumento do volume de raízes laterais com diâmetros menores, que formam um sistema radicular muito denso e raso que, no campo, dificilmente sobrevive a condições de déficit hídrico.

Em períodos secos, quando aumenta a resistência do solo à penetração, há deformações morfológicas nas raízes, o que limita o acesso à água e aos nutrientes das camadas mais profundas (COLLARES et al., 2008). Desta forma, é explicada a melhor produção das variedades na presença do P1.

Os dados de resistência penetração mostrados na tabela 13 apresentaram diferença significativa nas duas profundidades observadas ao nível de 1 de probabilidade pelo teste de F.

Tabela 13. Resumo da análise de variância para resistência à penetração do solo nas profundidades de 0,0 – 0,20 m e 0,20 – 0,40 m. EECAC - Carpina - PE.

RP	GL	QM	
		Variáveis	
FV		0,0 - 0,20	0,20 - 0,40
Bloco	3	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}
Preparo (P)	1	0,00*	0,57**
Erro 1	3	0,00	0,00
Variedade (V)	1	4,68**	0,70**
P x V	1	0,32**	0,03**
Erro 2	6	0,00	0,00
CV (%)		2,51	0,87
Média Geral		1,10	3,80

^{ns} não significativo, * significativo a 5%, ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F

Em muitos casos, segundo Silva et al. (1994) e Tormena et al. (1999) o valor de 2 MPa é assumido como valor crítico de resistência à penetração, a partir do qual o desenvolvimento radicular das culturas pode ser grandemente prejudicado, com reflexos negativos sobre o rendimento das culturas agrícolas, embora outros trabalhos tenham indicado que o limite crítico possa atingir 2,5

MPa em solos sob pastagem (Leão et al., 2004), 3,0 MPa em solos sob floresta (Zou et al., 2000) e 3,5 MPa em Latossolo cultivado em longo prazo sob plantio direto (Tormena et al., 2007).

Neste estudo foi possível observar valores de resistência à penetração (RP) maiores do que 3 mPa, verificados na camada de 0,2-0,4m. o sistema cultivado com a variedade RB92579 (V1) apresentou menores valores de RP na camada 0,0-0,2m, também chamada de camada superficial, em relação à variedade RB867515 como mostrado na tabela 14. Em contrapartida, na cada de 0,2-0,4m, conhecida comumente como camada subsuperficial, o sistema composto pela V2 apresentou menores valores de RP quando comparado ao sistema que utilizou a V1.

Tabela 14. Resistência à penetração do solo sob efeito dos tratamentos adotados aos 150 DAP. EECAC - Carpina - PE.

P	Resistência à penetração 0,0-0,2m		Resistência à penetração 0,2-0,4m	
	V1	V2	V1	V2
P1	0,69 Ab	1,48 Ba	4,15 Aa	3,83 Ab
P2	0,43 Bb	1,80 Aa	3,87 Ba	3,35 Bb

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na linha, e pela mesma letra maiúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Todos tratamentos apresentaram diferença significativa para as interações variedade x preparo, onde os maiores valores foram encontrados com o cultivo da variedade RB92579 nos dois preparos na camada de 0,2-0,4m. Os menores valores encontrados situaram-se na camada 0,0-0,2m com cultivo da V1. A RB867515 apresentou menor produção de biomassa seca mesmo estando cultivada à RP de menores valores, o que indica maior sensibilidade desta variedade a esta variável.

Conforme mostra a figura 1, o tratamento do preparo mínimo com a variedade RB867515 apresentou na camada de 0-20 cm a pressão média foi equivalente a 1,93 MPa e na camada 20-40 cm foi de 3,31 MPa, de acordo com o limite de compactação, este tratamento atingiu o nível de média compactação aos 24cm de profundidade com uma pressão de 5,27 Mpa.

O tratamento do preparo mínimo com a variedade RB92579 apresentou na camada de 0-20 cm a pressão média foi equivalente a 1,35 MPa e na camada 20-40 cm foi de 3,52 MPa, de acordo com o limite de compactação,

este tratamento atingiu o nível de baixa compactação aos 33 cm de profundidade com uma pressão de 4,59 Mpa.

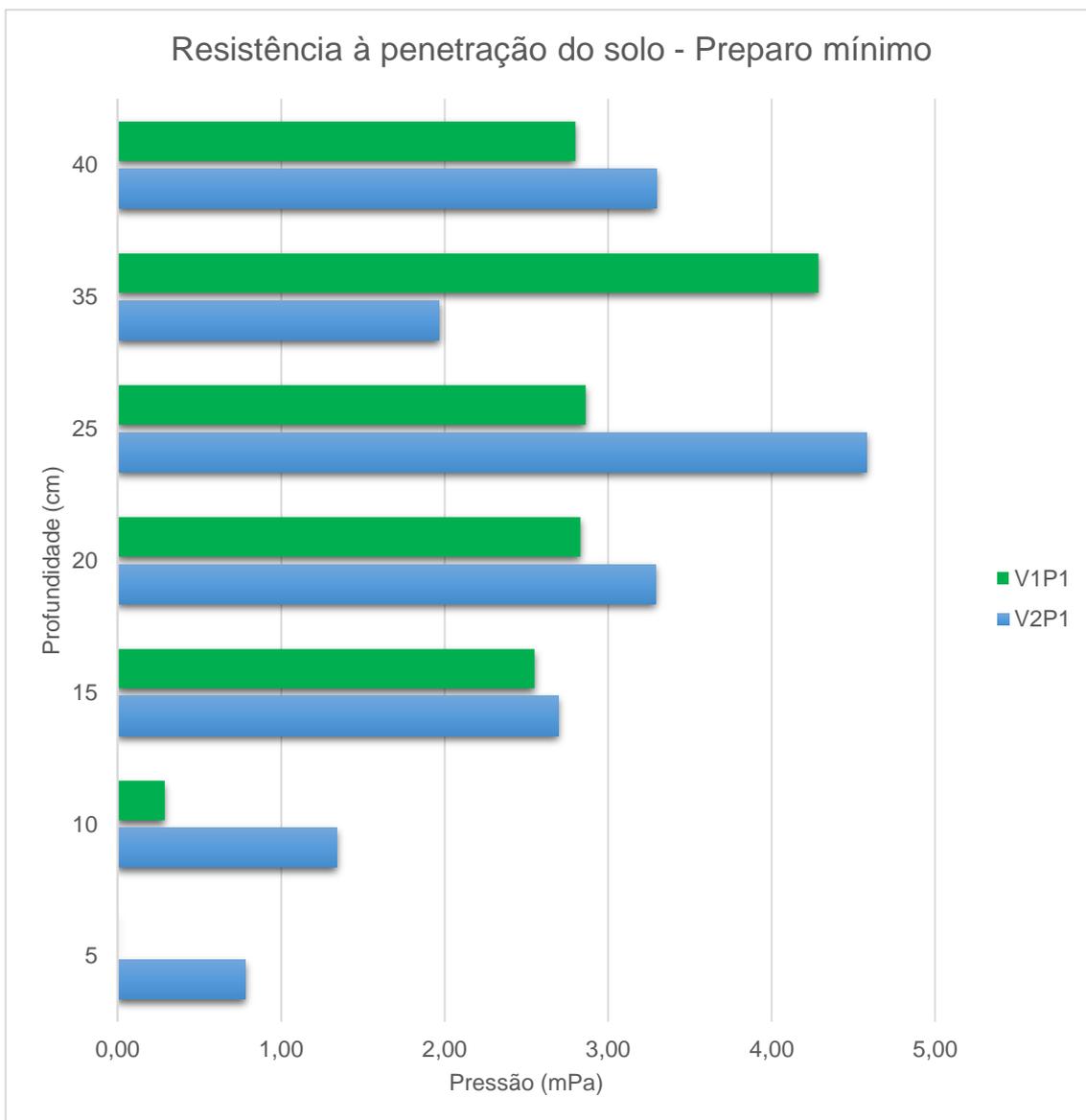


Figura 1. Compactação do solo baseada na resistência à penetração do solo para o preparo mínimo. EECAC – Carpina – PE

Pode-se observar na figura 2 que o tratamento do preparo convencional com a variedade RB867515 apresentou na camada de 0-20 cm a pressão média foi equivalente a 1,23 MPa e na camada 20-40 cm foi de 3,59 MPa, de acordo com o limite de compactação, este tratamento atingiu o nível de média compactação aos 32cm de profundidade com uma pressão de 5,00 Mpa. O tratamento do preparo convencional com a variedade RB92579 apresentou na

camada de 0-20 cm a pressão média foi equivalente a 0,63 MPa e na camada 20-40 cm foi de 4,02 MPa, de acordo com o limite de compactação, este tratamento atingiu o nível de média compactação aos 40cm de profundidade com uma pressão de 6,41 Mpa.

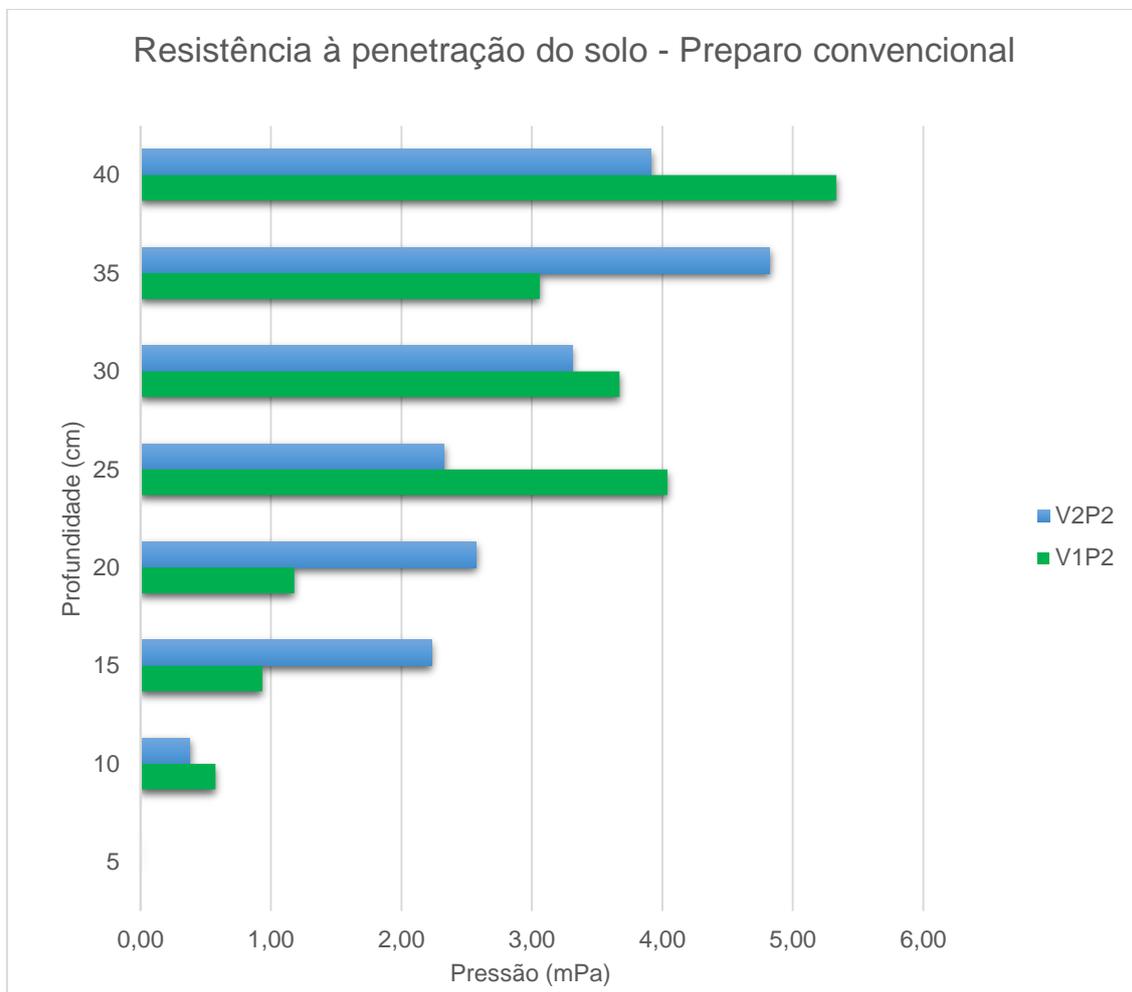


Figura 2. Compactação do solo baseada na resistência à penetração do solo para o preparo convencional. EECAC – Carpina – PE

Os efeitos do tráfego intenso de tratores em áreas agrícolas, normalmente não são notados em curto espaço de tempo, todavia, a compactação do solo tem vasta influência sobre a produção e produtividade das plantas, de maneira tal, que o preparo mínimo favoreceu a produção de biomassa, enquanto que o preparo convencional apresentou valores mais baixos. Desta forma, deve-se atentar para manejos que resultem em melhores condições de cultivo e conservação o solo.

Conclusões

1. O cultivo mínimo favoreceu positivamente as duas variedades;
2. A variedade RB867515 apresenta maior sensibilidade à compactação do solo (resistência a penetração) provocada pelo preparo convencional;
3. A variedade RB92579 sofre menor efeito da compactação do solo (resistência a penetração);
4. A compactação do solo (resistência a penetração) afetou negativamente a produção de biomassa das duas variedades.

Referências bibliográficas

ALONSO, O. **Estratégias para melhorar a qualidade da cana-de-açúcar para a indústria**, In: SEGATO, S. V.; PINTO, A. de S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J. C. M. de. **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba - SP, 415 p. 2006.

BASSO, F. C.; ANDREOTTI, M.; CARVALHO, M. P.; LODO, B. N. **Relações entre produtividade de sorgo forrageiro e atributos físicos e teor de matéria orgânica de um Latossolo do Cerrado**. Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 41, n.1, p. 135-144, 2011.

BERLATO, M.A.; MATZENAUER, R. e BERGAMASCHI, H. **Evapotranspiração máxima da soja e relações com a evapotranspiração calculada pela equação de Penman, evaporação do tanque “classe A” e radiação solar global**. Agron. Sulriograndense, 22:251-259, 1986.

BERNOUX, M.; CERRI, C. C.; CERRI, C. E. P.; SIQUEIRA NETO, M.; METAY, A.; PERRIN, A.; SCOPEL, E.; RAZAFIMBELO, T.; BLAVET, D.; PICCOLO, M. C.; PAVEI, M.; MILNE, E. **Cropping systems, carbon sequestration and erosion in Brazil, a review**. Agronomy for Sustainable Development, v.26, p.75-85, 2006.

BOLLIGER, A.; MAGRID, J.; AMADO, T. J. C.; SKÓRA NETO, F.; RIBEIRO M. F. S.; CALEGARI A.; NEERGARD, A. de. **Taking stock of the brazilian “zero-till revolution”: A review of landmark research and farmers’ practice**. Advances in Agronomy, v.91, p.47-110, 2006.

CAMARGO, O.A. & ALLEONI, L.R.F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1997. 132p.

COLLARES, G.L.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. & KAISER, D.R. **Compactação de um Latossolo induzida pelo tráfego de máquinas e sua relação com o crescimento e produtividade de feijão e trigo**. R. Bras. Ci. Solo, 32:933- 942, 2008.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de Safra brasileira: cana-de-açúcar, terceiro levantamento, dezembro/2014**.

DALCHIAVON, F.C.; CARVALHO, M.P.; MONTANARI, R., ANDREOTTI, M. **Produtividade de cana-de-açúcar correlacionada com atributos físico-químicos do solo visando à criação de zonas de manejo**. Revista Ceres, Viçosa, v. 60, n.5, p. 706-714, 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

HERMANN, E. R.; CÂMARA, G. M. S. **Um método simples para estimar a área foliar de cana-de-açúcar**. Revista STAB, Piracicaba, v. 17, p. 32-34, 1999.

HOBBS, P. R. **Conservation agriculture: What is it and why is it important for future sustainable food production**. Journal of Agricultural Science, v.145, p.127-137, 2007.

LEÃO, T.P.; SILVA, A.P.; MACEDO, M.C.M.; IMHOFF, S. & EUCLIDES, V.P.B. **Intervalo hídrico ótimo na avaliação de sistemas de pastejo contínuo e rotacionado**. R. Bras. Ci. Solo, 28:415-423, 2004.

MACHADO, E. C.; PEREIRA, A. R.; FAHL, J. I.; ARRUDA, H. V.; CIONE, J. **Índices biométricos de duas variedades de cana-de-açúcar**. Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília, v. 17, n. 9, p. 1323-1329, 1982.

MATSUOKA, S. Botânica e ecofisiologia da cana-de-açúcar: In: **Curso de qualificação em plantas industriais - Cana-de-açúcar**. Maringá: UFPR/SENAR, 1996. 34 p.

MAULE, R.; MAZZA, J. A.; MARTHA JÚNIOR, G. B. **Produtividade agrícola de cultivares de cana-de-açúcar em diferentes solos e épocas de colheita**. Scientia Agrícola, Piracicaba, v. 58, n. 2, p. 295-301, 2001.

MCGARRY, D. **Soil compaction in long-term no-tillage**. In: **World Congress on Conservation Agriculture**, 2, 2003, Foz do Iguaçu (PR), Brazil. Proceedings. Foz do Iguaçu: FEBRAPDP/CAAPAS, 2003.p.87-90.

MEDEIROS, R.D.; SOARES, A.A. e MENDES, G.R. **Compactação do solo e manejo da água. I: Efeitos sobre a absorção de N, P, K, massa seca de raízes e parte aérea de plantas de arroz**. Ciência Agrotécnica, v29: p.940-947, 2005.

MOME FILHO, E.A. **Aplicação da penetrometria na quantificação da compactação do solo**. 88f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de plantas) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. 2012

OLIVEIRA, R. A. de; DAROS, E.; ZAMBON, J. L. C.; WEBER, H.; IDO, O. T.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; KOEHLER, H. S.; SILVA, D. K. T. da. **Crescimento e desenvolvimento de três cultivares de cana-de-açúcar, em**

cana planta, no Estado do Paraná. Scientia Agrária, v. 5, n. 1-2, p. 87-94, 2004.

QUEIROZ-VOLTAN, R.B.; NOGUEIRA, S.S.S. e MIRANDA, M.A.C. **Aspectos da estrutura da raiz e do desenvolvimento de plantas de soja em solos compactados.** Pesquisa. Agropecuária Brasileira. v35: p.929-938, 2000.

REICHERT, J.M.; SUZUKI, L.E.A.S. e REINERT, D.J. **Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: Identificação, efeitos, limites críticos e mitigação.** In: CERETTA, C.A.; SILVA, L.S. e REICHERT, J.M., eds. **Tópicos Ciência do Solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2007. v. 5, p.49-134.

REICHERT, J.M.; ALBUQUERQUE, J.A.; GUBIANI, P.I.; KAISER, D.R.; MINELLA, J.P.G. e REINERT, D.J. **Hidrologia do solo, disponibilidade de água às plantas e zoneamento agroclimático.** In: FILHO, O.K.; MAFRA, A.L. e GATIBONI, L.C., eds. **Tópicos em ciência do solo.** Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2011. v.7, p.1-54.

RIDESA. Rede Interuniversitária para Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro. **Catálogo nacional de variedades "RB" de cana-de-açúcar.** Curitiba, 2010.136p

SILVA, A. P.; KAY, B. D.; PERFECT, E. **Characterization of the least limiting water range of soils.** Soil Science Society of America Journal, Madison, v. 58, n. 5, p. 1775-1781, 1994.

SILVA, A.A.; CASTRO, S.S. **Potencial e risco à compactação dos solos da microrregião de Quirinópolis, sudoeste do estado de Goiás.** Revista Territorial - Goiás, v.2, n.1, p.106-127. 2013

TAYLOR, H.M. e BRAR, G.S. **Effect of soil compaction on root development.** Soil Till. Res., 19:111-119, 1991.

TOKESHI, H. **Perfilhamento e perdas pelo carvão da cana-de-açúcar.** STAB, Piracicaba, v. 4, n. 5, p. 34-44, 1986.

TORMENA, C.A.; SILVA, A.P. & LIBARDI, P.L. **Soil physical quality of a Brazilian Oxisol under two tillage systems using the least limiting water range approach.** Soil Tillage Res., 52:223-232, 1999.

TORMENA, C.A.; ARAÚJO, M.A.; FIDALSKI, J. & COSTA, J.M. **Varição temporal do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Vermelho distroférico sob sistemas de plantio direto.** R. Bras. Ci. Solo, 31:211-219, 2007.

ZOU, C.; SANDS, R.; BUCHAN, G. & HUDSON, I. **Least limiting water range: A potential indicator of physical quality of forest soils.** Aust. J. Soil Res., 28:947-958, 2000.