

Douglas Maus Bernardt

**AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICOS DO SOLO NA PRODUÇÃO DE  
TABACO NA REGIÃO CENTRAL DO RS**

Trabalho de Curso em Engenharia Agrícola II  
apresentado ao Curso de Engenharia Agrícola da  
Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC.

Orientador: Prof.º Fernando Machado Pfeifer

Santa Cruz do Sul

2015

Douglas Maus Bernardt

**AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICOS DO SOLO NA PRODUÇÃO DE  
TABACO NA REGIÃO CENTRAL DO RS**

Trabalho de Curso em Engenharia Agrícola II  
apresentado ao Curso de Engenharia Agrícola  
da Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC.

*MSc. Fernando Machado Pfeifer*  
Professor Orientador – UNISC

*MSc. Débora Chapon Galli*  
Professora examinadora – UNISC

*MSc. Maurício Henrique Lenz*  
Professor examinador - UNISC

Santa Cruz do Sul  
2015

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a minha família pelo incentivo e apoio em toda a minha formação acadêmica e também em todos os momentos de minha vida. Graças a vocês sempre tive forças para superar os obstáculos impostos pela vida.

Ao professor orientador Fernando Machado Pfeifer por ter compartilhado o seu conhecimento comigo e ajudado na realização deste trabalho.

Ao professor Marcelino Hoppe pela ajuda na elaboração do delineamento experimental e nas análises estatísticas.

À professora Débora Chapon Galli pelo auxílio na execução deste trabalho.

Aos colegas Robson Schneider e Jonas Fogliatto pelo auxílio prestado durante as análises laboratoriais desenvolvidas no laboratório de Agrohidrologia da UNISC.

A todos os colegas e professores do curso de Engenharia Agrícola da UNISC, pela amizade, convívio e que não mediram esforços para me ajudar na execução deste trabalho.

## RESUMO

O solo é um corpo natural que cobre a superfície terrestre, formado pelo intemperismo de rochas. O material de formação tem fundamental importância nas suas características físicas. A quantidade e a qualidade das produções agrícolas dependem das propriedades do solo, especialmente, das formas pelas quais essas são tratadas, trabalhadas, melhoradas e protegidas. Com relação à cultura do tabaco, que é uma planta cultivada em pequenas propriedades em que a mão de obra utilizada é basicamente familiar, a baixa produtividade das lavouras está relacionada com a compactação do solo. Esse fenômeno causa uma alteração das propriedades físicas aumentando sua densidade e proporcionando elevada resistência à penetração das raízes no solo. Seu cultivo é bastante trabalhoso, mas, se bem planejado, disponibiliza aos seus produtores um bom retorno econômico. Dessa forma, esse trabalho possuiu como objetivo geral avaliar os parâmetros físicos do solo, na linha (camalhão) e na entrelinha da cultura do tabaco, em três sistemas de cultivos distintos, aos 50 dias após seu transplante. E como objetivos específicos, analisar a densidade aparente, a resistência à penetração e a textura do solo. O trabalho foi realizado no município de Novo Cabrais, situado na região Central do estado do Rio Grande do Sul (Brasil). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, através de um sistema com três tratamentos divididos em 21 parcelas de 9m<sup>2</sup> cada. Os tratamentos utilizados foram preparo convencional (PC), cultivo mínimo (CM) e plantio direto (PD). As análises texturais demonstraram que a camada de 0 a 40 cm diferenciam-se muito pouco, na média possui 51,18% de areia, 32,65% de silte e 16,17% de argila. Valores esses que, quando interpolados no Triângulo de Atterberg, classificam o solo como de textura franca. Os ensaios da densidade realizados na entrelinha dos tratamentos PC (1,72 g/cm<sup>3</sup>), CM (1,69 g/cm<sup>3</sup>) e PD (1,66 g/cm<sup>3</sup>) excederam o limite crítico para o desenvolvimento das raízes que é de 1,65 g/cm<sup>3</sup>. Na avaliação do solo, na linha de plantio do tabaco, os tratamentos não interferiram na densidade do solo. Na análise de resistência à penetração no solo, nenhuma das avaliações excedeu o limite crítico tolerável das plantas, sendo os maiores valores encontrados na entrelinha do tabaco. O plantio direto foi o sistema que apresentou os menores valores de resistência à penetração e densidade aparente, pois é o sistema de cultivo que

melhor conserva as características físicas do solo e quando aliado com a rotação de culturas aumenta a produção do tabaco.

**Palavras chaves:** compactação do solo, sistemas de cultivo, densidade aparente do solo, resistência à penetração.

## ABSTRACT

The soil is a natural body that covers the Earth's surface. It is formed by rocks weathering. The formation material has fundamental importance in its physical features. The quality and quantity of agricultural production depends on the soil properties, especially of ways which they are processed, worked on, improved and protected. As to the culture of tobacco (*nicotiana tabacum*), which is a plant cultivated small farms in which the labor used is basically familiar, low productivity of crops are related to the soil compression. This phenomenon causes a change in physical properties increasing its density and promoting high resistance in penetrating the root in the soil. Its cultivation is very hard, but if were well planned, the farmers would have a good economic return. In this way, The main objective of this work is to evaluate the soil physical parameters, in planting line and between lines of tobacco culture, in three different culture systems, at 50 days after its transplanting. The specific objectives are analyze bulk density, penetration resistance and soil texture. The study was done in Novo Cabrais City, located in the Central region of Rio Grande do Sul, Brazil. The experimental design was completely casual through a system with three treatments divided into 21 plots of 9 m<sup>2</sup> each. The treatments were conventional tillage (PC), minimum tillage (CM) and no tillage (PD). The textural analysis showed that the layer of 0 to 40 cm has a low difference, the average has 51.18 % of sand, 32.65 % of silt and 16.17% of clay. These values interpolated in the Atterberg's triangle, classify soils as frank texture. Density tests were carried out between lines of treatments PC (1.72 g/cm<sup>3</sup>), CM (1.69 g/cm<sup>3</sup>) and PD (1.66 g/cm<sup>3</sup>) exceeded the critical limit for root development which is 1.65 g / cm<sup>3</sup>. The soil evaluation, in tobacco planting line, the treatments did not affect the soil density. On the soil penetration resistance analysis, none of the assessments exceeded the tolerable critical limit of plants, with the highest values found between tobacco line. No tillage had the lowest values of resistance to penetration and density, it is the cropping system that preserves the physical characteristics of the soil and when combined with crop rotation increases tobacco production.

**Key words:** soil compaction, cropping systems, soil bulk density, penetration resistance.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Triângulo de Atterberg .....	18
Figura 2- Estruturas do solo .....	20
Figura 3 – Localização da área experimental .....	32
Figura 4 - Delineamento experimental.....	33
Figura 5 - Preparo convencional .....	34
Figura 6 - Cultivo mínimo .....	35
Figura 7 - Plantio direto .....	35
Figura 8 - Análise granulométrica.....	36
Figura 9 – Análise de densidade (linha e entrelinha) .....	37
Figura 10 - Análise de resistência à penetração .....	37
Figura 11 - Análise granulométrica textural .....	38
Figura 12 - Triângulo de atterberg.....	39
Figura 13 - Densidade média na linha.....	40
Figura 14 - Densidade média na entrelinha.....	41
Figura 15 - Resistência à penetração na linha .....	42
Figura 16 - Resistência à penetração na entrelinha .....	44

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Limites críticos para as plantas .....	22
---	----



## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	11
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	13
2.1 Tabaco .....	13
2.1.1 Origem e história .....	13
2.1.2 Classificação botânica, características e utilização do tabaco .....	14
2.1.3 Importância econômica e social do tabaco .....	14
2.2 Meio para o desenvolvimento da cultura .....	15
2.2.1 Solo .....	15
2.2.1.1 Formação .....	15
2.2.1.2 Conceitos .....	16
2.2.1.3 Características morfológicas .....	17
2.2.1.3.1 Textura .....	18
2.2.1.3.2 Estrutura .....	19
2.2.1.3.3 Consistência .....	20
2.2.2 Compactação do solo .....	21
2.2.3 Densidade do solo .....	22
2.2.4 Porosidade do solo .....	23
2.2.5 Resistência do solo à penetração .....	24
2.2.6 Capacidade de infiltração e retenção de água no solo .....	24
2.2.7 Sistemas de cultivos e preparo do solo .....	26
2.2.7.1 Preparo convencional .....	27
2.2.7.2 Cultivo mínimo .....	28
2.2.7.3 Plantio direto .....	28
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	31
3.1 Área experimental .....	31

3.2 Delineamento experimental .....	32
3.3 Determinações .....	36
3.3.1 Análise granulométrica do solo .....	36
3.3.2 Densidade aparente do solo.....	36
3.3.3 Resistência do solo à penetração.....	37
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
4.1 Análise granulométrica do solo .....	38
4.2 Análise da densidade aparente do solo.....	39
4.3 Análise da resistência do solo à penetração .....	42
5 CONCLUSÕES .....	46
REFERÊNCIAS .....	48
ANEXO A – Análise estatística da densidade aparente na linha.....	52
ANEXO B – Análise estatística da densidade aparente na entrelinha .....	52
ANEXO C – Análise estatística da resistência à penetração média na linha com profundidade de 0 a 400 mm.....	54
ANEXO D – Análise estatística da resistência à penetração média na entrelinha com profundidade de 0 a 400 mm.....	55
ANEXO E – Dados climatológicos do período da realização do trabalho.....	56

## 1 INTRODUÇÃO

O solo é base para a existência e sobrevivência da maior parte dos seres vivos, é um dos elementos essenciais para o desenvolvimento da espécie humana. A qualidade e a quantidade das produções agrícolas dependem das propriedades do solo, sobretudo, das maneiras pelas quais essas são tratadas, trabalhadas, melhoradas e protegidas. Além disso, o solo exerce influência sobre o comportamento das águas, nos seus regimes hidrológicos, na qualidade química e biológica, tanto dos lençóis freáticos como dos rios. Também é suporte para construções de casas, estradas, usinas, canais, reservatórios e outros.

Um fator que contribui para uma baixa produtividade das lavouras é a compactação do solo. Isso causa uma alteração das propriedades físicas do mesmo aumentando sua densidade e por consequência reduz o crescimento e o desenvolvimento radicular, diminuindo a ação capilar, dificultando a infiltração de água, contribuindo para o aumento da erosão e aumentando o consumo de combustível (preparo de solos compactados exigem maior força de tração).

As principais medidas para diminuir esses efeitos são: usar implementos adequados, evitar tráfegar pelos solos agrícolas molhados, diminuir ao máximo o tráfego de veículos pelo terreno, usar plantas descompactadoras, adotar práticas de conservação do solo com sistemas de cultivo que mantêm a superfície do solo coberta para proteger a sua estrutura dos efeitos climáticos externos. Sempre que possível adotar práticas de cultivos mínimos ou plantio direto que reduzem o tráfego de máquinas e a mobilização do solo e fornecem matéria orgânica como elemento de proteção e absorção das cargas provocadas pelas máquinas. Solos sem cobertura ficam sujeitos a grandes variações térmicas nas camadas superficiais. A palha existente na superfície modifica o balanço de radiação e de energia, pois a cobertura intercepta os raios solares, dificultando a sua chegada ao solo. Como as sementes de plantas daninhas necessitam de luz e variações térmicas para germinar, a cobertura morta impede esse acontecimento deixando a cultura de interesse sem competição durante parte de seu ciclo. Mas em regiões frias sujeitas a fortes geadas, a cobertura do terreno pode prejudicar o desenvolvimento da cultura comercial, pois ela impede o armazenamento de calor durante o dia pelo solo, não liberando para a superfície a noite. Em casos extremos esse fenômeno pode levar a planta à morte.

Com relação à cultura do tabaco não é diferente, ou seja, a baixa produtividade encontrada em algumas lavouras está relacionada com o uso inadequado do solo. Isso ocorre devido alguns agricultores ainda utilizarem o cultivo convencional, sendo pouco explorado o plantio direto e o cultivo mínimo.

A produção de tabaco está interligada às grandes indústrias, sendo o Brasil um dos principais produtores e exportadores dessa cultura. Apesar do setor produtivo do tabaco ser um grande arrecadador de imposto para o governo, o mesmo é fortemente criticado por entidades e organizações que afirmam que a atividade gera elevados gastos na saúde pública, devido aos malefícios que o cigarro ocasiona para a saúde de seus consumidores. Sua produção é realizada em pequenas propriedades, onde os recursos disponíveis para a manutenção do agricultor na atividade estão diminuindo, fazendo com que o mesmo adote sistemas alternativos de produção, aumentando o potencial produtivo da área de forma racional sem prejudicar o meio ambiente.

Nesse contexto, o objetivo geral desse trabalho foi avaliar os parâmetros físicos do solo, na linha (camalhão) e na entrelinha da cultura do tabaco, em três sistemas de cultivos distintos, aos 50 dias após seu transplante. E, como objetivos específicos, analisar a densidade aparente do solo, a resistência do solo à penetração e a textura do solo.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Tabaco

#### 2.1.1 Origem e história

A origem do tabaco é na América Central, antes do nascimento de Cristo, onde os nativos deixaram algumas gravuras de pastores fumando como parte de rituais religiosos para o sol. Os nativos chamavam de tabaco os tubos pelos quais fumavam a folha (COLLINS e HAWKS, 2011).

No México, Leste do EUA e Canadá, era plantado tabaco da espécie *Nicotiana rústica* que possui folhas pequenas, com alto teor de nicotina e sabor amargo e, por essa razão, normalmente consumido em cachimbos. Plantas de tabaco de diversas espécies eram cultivadas no oeste das Cordilheiras, na América do Norte e Sul, normalmente em zonas temperadas. A *Nicotiana tabacum* é uma planta de origem subtropical, possui folhas largas e porte alto, seu aroma e sabor especial são bem conhecidos. Era cultivada nas Américas do Sul e Central e, provavelmente, sua origem é o norte da Argentina ou sudeste da Bolívia. O tabaco foi introduzido na Europa, Ásia e África, durante a segunda metade do século dezesseis. Desse modo, o uso do tabaco foi se estabelecendo em quase todas as partes do mundo (COLLINS e HAWKS, 2011).

Conforme o Sindicato Interestadual da Indústria do Tabaco (SINDITABACO, 2015) no Brasil, quando os colonizadores portugueses chegaram já encontraram o cultivo do tabaco em quase todas as tribos indígenas. Para os índios essas plantas possuíam caráter sagrado e origem mítica. Seu uso era, na maioria das vezes, limitado a rituais religiosos, fins medicinais para cura de ferimentos, enxaquecas e dores de estômago, sendo reservado exclusivamente aos pagés. Rapidamente o cultivo e o comércio do tabaco no Brasil colonial passaram a ter importância destacada, a ponto de haver legislações e taxações para esse comércio já no século XVII, sendo um dos principais produtos exportados durante o período do império.

### 2.1.2 Classificação botânica, características e utilização do tabaco

O tabaco é uma planta da família das solanáceas e do gênero *Nicotiana*. Suas principais espécies são a *Nicotiana rústica* e a *Nicotiana tabacum* (COLLINS e HAWKS, 2011).

Segundo o Sinditabaco (2015), o tabaco produzido na região sul do Brasil é dividido em dois grupos: tabaco de galpão e tabaco de estufa. No primeiro, as plantas são curadas em galpões ventilados naturalmente, levando cerca de 40 dias para completar o processo de cura. Suas principais variedades são: o Burley e o Galpão Comum, ambos com tonalidade escura e que participam com aproximadamente 15% e 2%, respectivamente, do total produzido. No tabaco de estufa, as folhas possuem coloração clara, submetidas à cura em estufas com temperatura e umidade controladas (*flue cured*), em processo que demanda de cinco a sete dias para ser concluído. Nesse grupo, encontram-se todas as cultivares da variedade Virgínia e da variedade Amarelinho. Este teve seu maior volume na safra 1988/89, com 43.201 toneladas (11,3% da safra), mas por questões de preferência de mercado, sua produção foi diminuindo até sua extinção em 1997.

De acordo com Collins e Hawks (2011), o tabaco é uma cultura perene, cultivada como anual. É produzida para folhas, ao invés de sementes. Com isso, a produtividade pode variar muito de ano para ano. Tem capacidade de suportar um período de estresse causado por falta de água e/ou nutrientes, temperaturas extremas, altas e baixas, sem maiores consequências quantitativas e qualitativas.

Suas folhas depois de preparadas servem para fumar, cheirar ou mascar, sendo utilizadas primordialmente para o fabrico de cigarros (VOGT, 1997).

### 2.1.3 Importância econômica e social do tabaco

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de tabaco e líder em exportações desde 1993, devido à qualidade e integridade do produto. Em 2014, o tabaco representou 1,11% do total das exportações brasileiras, com US\$ 2,5 bilhões embarcados. Da produção de 736 mil toneladas registradas na safra 2013/14, mais de 85% foi destinada ao mercado externo. O principal mercado brasileiro neste período foi a União Europeia com 42% do total dos embarques, seguida pelo Extremo Oriente (28%), América do Norte (10%), Leste Europeu (8%), África/Oriente

Médio (6%) e América Latina (6%). Para o Rio Grande do Sul, a cultura é uma das atividades agroindustriais mais significativas, representando 10,2% no total das exportações (SINDITABACO, 2015).

A importância socioeconômica do tabaco para a região Sul do Brasil é indiscutível. O seu cultivo é realizado em 651 municípios do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. Possui uma área de 347 mil hectares plantados, com aproximadamente 650 mil pessoas que participam do seu ciclo produtivo no meio rural, somando uma receita anual bruta de 5,3 bilhões. Além disso, o complexo industrial do Sul do país é responsável por uma movimentação financeira que supera os 10,8 bilhões por ano, considerando as diversas etapas do processo produtivo e comercial (SINDITABACO, 2015).

O cultivo de tabaco no Brasil tem como base as pequenas propriedades em média com 15,7 hectares, sendo que destes, apenas 16,8% são dedicados à produção. Apesar da pequena lavoura plantada, o cultivo representa 53,1% da renda familiar dos agricultores. A área restante é reservada para culturas alternativas e de subsistência (35,4%), criações de animais e pastagens (20,4%), florestas nativas (15,7%) e reflorestamento (11,7%). Pesquisas do setor apontam que 29% das famílias que produzem tabaco (estimativa da safra 2013/2014) não possuem terra própria, ou seja, desenvolvem a cultura em regime de parceria ou arrendamento (SINDITABACO, 2015).

## **2.2 Meio para o desenvolvimento da cultura**

### **2.2.1 Solo**

#### **2.2.1.1 Formação**

Conforme White (2009), o solo inicia o seu processo de formação quando a rocha fica exposta a um novo ambiente, como: depois de um escoamento de lava, um aumento de sedimentos, um período de seca ou o recuo de uma geleira. O nível de desordem criado num sistema é medido pela sua entropia. Quando um solo começa a se formar sua decomposição prossegue inexorável, diminuindo a energia livre e aumentando a entropia. A energia liberada no intemperismo da rocha se transforma em energia entrópica. Quando a rocha fica exposta a esses fatores, seus

minerais são transformados em moléculas mais simples e íons, alguns são removidos pela água ou escapam em forma de gases. O intemperismo é acelerado pelo surgimento de líquens, musgos e o filo *Hepatophyta*. Esses podem estocar energia luminosa do sol como energia química nos produtos da fotossíntese. Os líquens, que são uma associação simbiótica entre uma alga e um fungo, são capazes de fixar nitrogênio da atmosfera e extrair elementos da superfície intemperizada da rocha. Quando essas plantas morrem, alguns elementos da rocha e uma variedade de complexos orgânicos moleculares voltam à superfície exposta, onde nutrem uma sucessão de organismos que gradualmente colonizam o solo embrionário.

Para Klar (1988), o solo é algo mais do que um complexo de partículas provenientes de rochas minerais. O tipo de solo resulta da interação entre clima, topografia, vegetação, tempo e tipo de rocha que lhe deu origem. Os solos tropicais são mais desenvolvidos por estarem sujeitos a altas temperaturas e elevadas precipitações pluviométricas. À medida que se caminha para regiões mais frias, são menos intemperizados (solos subtropicais). As plantas utilizam o solo como suporte e fonte de nutrientes. Também, fornecem matéria orgânica necessária à alimentação dos microorganismos do solo e dos animais, os quais a decompõem produzindo gás carbônico e água. Se isso não acontecesse, haveria exaustão do gás carbônico da atmosfera pela fotossíntese em poucas décadas.

### **2.2.1.2 Conceitos**

Segundo Streck et al. (2008), os solos são definidos como corpos naturais que cobrem a superfície terrestre sendo constituídos por materiais minerais e orgânicos, contêm organismos vivos e possuem potencial para o desenvolvimento da vegetação onde ocorrem e que foram em parte modificados antropicamente.

O solo encontra-se na relação entre a atmosfera e a litosfera. Ele também se relaciona com a hidrosfera e sustenta o crescimento de muitas plantas e animais, da agropecuária, do armazenamento da água e das obras de engenharia humana. É um componente vital do agroecossistema, mas quando for mal manejado, recebendo resíduos indesejáveis, poderá contribuir para a degradação do ecossistema. O solo pode adquirir diferentes significados para distintos usuários. Para um agricultor, o solo é a camada superficial do terreno, com alguns centímetros



de espessura, que é importante para o crescimento das plantas. Para um geólogo ou um engenheiro, o solo é apenas sedimentos de rocha. Para o hidrólogo é uma reserva de armazenamento que interfere no balanço hídrico de uma bacia hidrográfica. Já o ecologista possui interesse somente pelas propriedades do solo que influenciam o crescimento e a distribuição das plantas e dos animais. Entretanto, no ecossistema terrestre as funções do solo são bem mais amplas, destacando-se o solo como: meio para o desenvolvimento de planta, atuando como suporte, fonte de nutrientes e de água; sistema natural de reciclagem de nutrientes e resíduos orgânicos, formando húmus e outros componentes; habitat para organismos vivos; regulador e filtro da água no sistema hidrológico; meio para descarte de rejeitos e resíduos, atuando como filtro e inativador de produtos tóxicos; meio e material para obras de engenharia. Por isso, cada uma dessas funções permite o entendimento da definição de solo, como um significado apropriado à maneira particular de enxergar ou usar o solo (STRECK et al., 2008 ; WHITE, 2009).

A utilização do solo com vistas à produção de alimentos para os seres humanos começou há aproximadamente onze mil (11.000) anos. Os primeiros registros de levantamento do solo aconteceram na China, perto de quatro mil (4.000) anos passados. Estudar o solo era um exercício prático diário, e o conhecimento deste meio para a atividade agrícola, adquirido no tempo dos romanos, foi passado adiante por camponeses e donos de terras até o século XVIII (WHITE, 2009).

### **2.2.1.3 Características morfológicas**

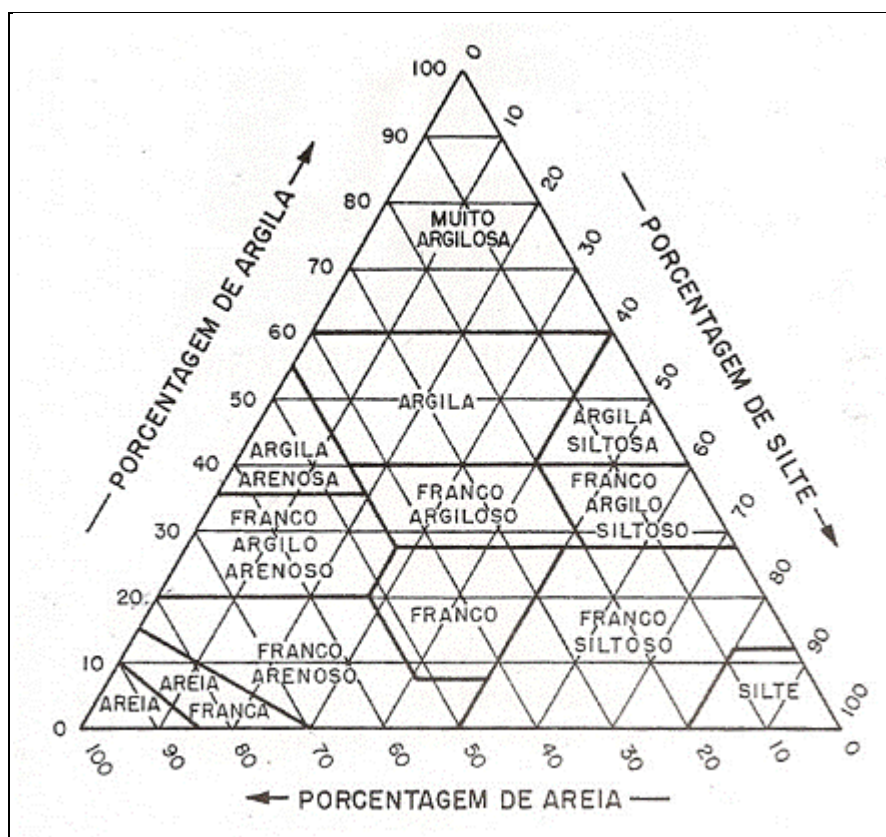
Essas características são representadas pela aparência do solo no campo, sendo visíveis a olho nu ou perceptíveis por manipulação. A sua forma no perfil é utilizada para diagnosticar a degradação das propriedades do solo, assim como, na avaliação da capacidade de uso da terra e no diagnóstico da causa de variação do desenvolvimento das plantas (STRECK et al., 2008).

Segundo Vieira (1975) citado por Bolzan (2012), a morfologia é um método de pesquisa científica que é utilizada para estudar os processos de eluviação e iluviação que revelam a intensidade dos fatores de formação do solo. As principais características que influenciam a morfologia dos solos são: a textura, a estrutura e a consistência.

### 2.2.1.3.1 Textura

A textura se refere à porcentagem das partículas de areia, silte e argila que compõem o solo. Conforme a Figura 1 os solos podem ser denominados das seguintes formas: muito argiloso, argiloso, franco argiloso, argilo siltoso, argilo arenoso, franco argilo arenoso, franco argilo siltoso, franco siltoso, siltoso, franco, franco arenoso, arenoso franco e arenoso (STRECK et al., 2008).

Figura 1- Triângulo de Atterberg



Fonte: Streck et al., 2008.

Conforme Streck et al. (2008) a textura afeta muitas propriedades químicas e físicas do solo como: a retenção de água, a erodibilidade, a infiltração de água e a drenagem. Solos com teores mais elevados de areia e silte apresentam menor resistência à desagregação, sendo mais vulneráveis à erosão pelo impacto da gota da chuva e pelo escoamento superficial das águas. Cultivos sucessivos sem proteção do solo podem ocasionar uma perda de argila da camada arável. Essa

redução do teor de argila, além de aumentar o processo erosivo, também diminui a capacidade de retenção de cátions e a fertilidade química.

#### **2.2.1.3.2 Estrutura**

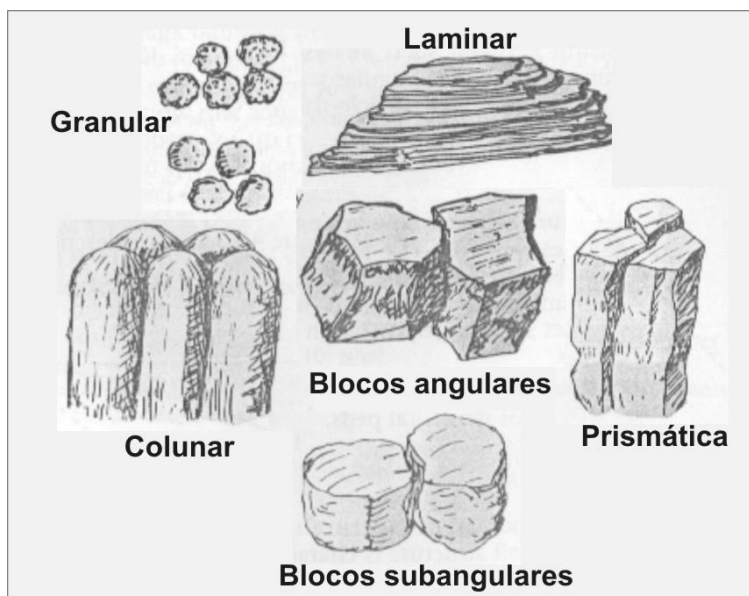
A estrutura do solo refere-se à disposição das partículas de argila, silte, areia e matéria orgânica. Esses grumos após formados apresentam propriedades específicas e diferentes, constituídos de partículas não agregadas. Entre esses agregados encontram-se espaços vazios, que são preenchidos por ar e solução do solo. Devido a isso o desenvolvimento das plantas é influenciado pela estrutura que regula a aeração, a penetração das raízes, a disponibilidade de nutrientes, a atividade biológica e a temperatura do solo (JORGE, 1985).

Os solos argilosos ou de textura fina são plásticos e coesos quando úmidos, tornando-se duros, com formação de torrões, quando secos. Se o solo estiver muito molhado no seu manejo, a estrutura será afetada desfavoravelmente, e se encontrar-se muito seco, formará torrões dificultando o plantio (KLAR, 1988).

O mesmo autor relata que os solos arenosos são friáveis, desagregáveis, de boa drenagem e boa aeração, porém têm baixas capacidades de retenção e condução de água e nutrientes.

De acordo com Streck et al. (2008) a forma dos agregados são diferenciados pelos seguintes tipos: laminar, granular, blocos, colunar e prismática (Figura 2).

Figura 2- Estruturas do solo



Fonte: Kaiser, 2010.

#### 2.2.1.3.3 Consistência

Segundo Streck et al. (2008) a consistência refere-se à resistência do solo, à deformação e à ruptura. É condicionada pelas forças de adesão e coesão. Essas forças variam conforme o conteúdo de água presente no solo. No campo, esse conteúdo é estimado conforme o teor de umidade. Em solo seco caracteriza-se o grau de dureza (resistência dos agregados à ruptura), já no solo úmido caracteriza a friabilidade (capacidade de reagregação após ruptura), enquanto que no solo molhado caracteriza-se a plasticidade (capacidade de ser moldado) e a pegajosidade (capacidade de aderência).

A consistência do solo tem implicações diretas no seu manejo, pois as operações de preparo requerem umidades adequadas para minimizar a formação de camadas compactadas, por isso deve-se identificar qual é a melhor condição de umidade para trabalhá-lo. O estado de consistência friável é o mais indicado para o preparo. A umidade na capacidade de campo mais indicada para trabalhar com arado ou grades em solos argilosos é de 60% a 70% e em solos arenosos de 60% a 80%. Quando usar escarificador a faixa ideal de umidade será de 30% a 40% da capacidade de campo (MOREIRA, 2009 citado por BOLZAN, 2012).

### 2.2.2 Compactação do solo

Entende-se por compactação de solo, a ação de forçar a agregação das partículas do mesmo, reduzindo o volume por elas ocupado. Essa tensão aplicada impacta negativamente a estrutura física do solo, pois aumenta a densidade, diminui o volume de macroporos, aumenta a resistência mecânica do solo ao crescimento das raízes e diminui a infiltração e o movimento de água no solo (SEIXAS e OLIVEIRA JÚNIOR, 2001 citados por BOLZAN, 2012).

Segundo Jorge (1985), a compactação do solo envolve aspectos que se relacionam com a física, química e propriedades biológicas, como também fatores ambientais, tais como o clima e tratamentos agrônômicos, principalmente o manejo e o tipo de cultura.

O mesmo autor descreve que quando acontece uma pressão sobre o solo, ocorre uma deformação do mesmo e uma movimentação das partículas sólidas e da fase líquida, diminuindo o seu volume. Esse movimento faz com que a parte sólida e líquida ocupe os espaços destinados à parte gasosa, esse processo é mais rígido em solos de textura argilosa.

Para Knies (2013b), o solo fisicamente ideal é aquele que apresenta boa aeração e retenção de água, bom armazenamento de calor e pouca resistência mecânica ao crescimento radicular. Esses fatores são facilmente afetados pelo aumento da densidade do solo.

O mesmo autor relata que as principais consequências da compactação são a redução da porosidade total (principalmente os macroporos), diminuição da aeração do solo, menor volume de área explorado pelas raízes (dificulta absorção de água e nutrientes) e intensifica a erosão do solo. Seus efeitos são mais perceptíveis em anos de déficit hídrico. As causas desse fenômeno estão ligadas ao tráfego intenso de máquinas e implementos pesados com umidade elevada e ao manejo inadequado do solo.

As medidas de mitigação empregadas para descompactar o solo podem ser via biológica ou via mecânica. A primeira consiste na utilização de plantas com sistema radicular agressivo (fortes e profundas), são mais usadas plantas com sistema pivotantes. E a segunda utiliza máquinas (subsoladores e escarificadores) que irão desestruturar a camada compactada (KNIES, 2013b).

Segundo Lenz (2011), existem métodos para avaliar a ocorrência de solo compactado. Podem ser visuais no solo, com aparência de sulcos de erosão, água empoçada, crostas superficiais, fendas nos rastros dos pneus do trator e aumento do requerimento de potência para o preparo. Identificação visual na planta, com raízes mal formadas, sistema radicular raso e espalhado, falhas localizadas na germinação, emergência lenta das plântulas, folhas com coloração não característica e plantas com tamanhos menores que o normal. Também, métodos precisos (densidade do solo, tomografia computadorizada, macroporos, taxa de difusão de oxigênio e condutividade hidráulica saturada) e subjetivos (análise do perfil do solo e resistência mecânica à penetração) podem ser realizados para identificar problemas de compactação do solo.

O Quadro 1 demonstra os limites críticos das plantas quanto ao espaço aéreo, aos bioporos, à resistência da penetração das raízes e à densidade do solo para os três tipos de texturas de solos.

Quadro 1 - Limites críticos para as plantas

TEXTURA	ESPAÇO AÉREO (%)	BIOPOROS (%)	RES. PENET. (kPa)	DENS. SOLO (g/cm <sup>3</sup> )
ARGILOSA (> 55% de argila)	10	3-5	2000	1,45
MÉDIA (20 a 50% de argila)	10	3-5	2000	1,55
ARENOSA (< 20% de argila)	10	3-5	2000	1,65

Fonte: Reinert e Reichert, 1999 adaptado por Knies, 2013b.

### 2.2.3 Densidade do solo

Conforme Jorge (1985) a densidade aparente ou massa específica aparente é entendida pelo volume do solo ao natural, incluindo os espaços ocupados pelo ar e pela água, ou seja, é uma relação entre a massa de solo seco e seu volume. Ela é variável e depende da estrutura e da compactação do solo. A densidade geralmente aumenta conforme a profundidade do perfil do solo, devido à compactação e a migração das partículas das camadas superiores para as inferiores.

Alves, Suzuki e Suzuki (2007), em seus trabalhos realizados em um Latossolo Vermelho distrófico submetidos ao método do anel volumétrico, verificaram um aumento na densidade do solo na camada de 0,20 m – 0,40 m, resultado esse que pode estar ligado ao processo natural do solo ou ao acúmulo de pressões exercido pelo tráfego de máquinas ou profundidade de trabalho dos implementos.

Já Tormena et al. (2002), em testes efetuados em Latossolo Vermelho distrófico cultivado com mandioca após dois anos de implantação da cultura em diferentes sistemas de preparo do solo (plantio direto, preparo mínimo, preparo convencional), identificaram nas profundidades de 0 - 0,10m e 0,10 – 0,20m, maiores valores de densidade no sistema de plantio direto. Isso aconteceu devido ao efeito acumulativo do tráfego de máquinas e da ausência de mobilização mecânica do solo. Os mesmos relatam que em longo prazo é possível que o acúmulo de matéria orgânica e a redução no tráfego contribuam para reduzir a densidade do solo no sistema de plantio direto.

#### **2.2.4 Porosidade do solo**

A porosidade é definida pelo tamanho, forma e arranjo das partículas contidas no solo. Ela é dependente do teor de água, sendo que o volume dos poros e o volume total do solo inicialmente seco podem mudar quando o mesmo for encharcado. Os poros de um solo podem ser ocupados parcialmente ou totalmente por água sendo esta fundamental para a sobrevivência de qualquer organismo vivo. A umidade do solo é definida como a quantidade de água contida numa determinada massa ou volume de solo. O espaço poroso não preenchido pela água contém ar (WHITE, 2009).

De acordo com Ribeiro et al. (2007), a porosidade do solo interfere na aeração, condução e retenção de água, resistência à penetração e a ramificação das raízes no solo, afetando a sua fertilidade e, conseqüentemente, o desenvolvimento e produtividade das culturas. Embora no solo não exista uma nítida separação entre os poros pequenos e grandes, na literatura esses diâmetros de partículas são classificados em microporos e macroporos. Responsáveis pela retenção da água no solo e pela drenagem e aeração do mesmo, respectivamente. Estudos realizados por Bolzan (2012) em um argissolo identificou que a porosidade do solo foi reduzida pelas operações de semeadura e pulverização.

Segundo Tormena et al. (2002) e Knies (2013b), índices de porosidade de aeração abaixo de 10-15% são geralmente adotados como restritivos para o crescimento e produtividade da maior parte das culturas. Valores adequados de capacidade de aeração são dependentes das condições climáticas e os valores críticos de porosidade de aeração devem ser ampliados sob condições mais úmidas.

### **2.2.5 Resistência do solo à penetração**

Segundo Letey (1985) e Merotto e Mundstock (1999) citados por Tormena et al. (2002), a resistência do solo à penetração é uma das propriedades físicas do solo diretamente relacionada com o crescimento das plantas que pode ser modificada pelos sistemas de preparo do solo. Valores exagerados de resistência do solo à penetração podem influenciar o crescimento das raízes em comprimento e diâmetro. Além disso, estudos recentes indicam que a resistência do solo à penetração das raízes tem efeitos diretos no crescimento das plantas e na participação de carboidratos entre a raiz e parte aérea.

De acordo com Carvalho et al. (2012), a resistência do solo à penetração simula a força que as raízes das plantas podem exercer para o seu desenvolvimento sendo influenciada pela densidade, umidade, textura e estrutura do solo.

Estudos realizados pelo mesmo autor em um Latossolo Vermelho distrófico apontam que o plantio direto (PD), comparado ao preparo convencional (PC) e ao preparo mínimo (PM), apresentou maior resistência à penetração (RP) até a profundidade de 0,25 m. Com o aumento da umidade ocorre, simultaneamente, a redução da RP. A mobilização do solo com arado de aivecas e escarificador diminuiu a resistência do solo à penetração em comparação com o PD.

Carvalho et al. (2012), após avaliar a resistência mecânica à penetração de um solo de textura argilosa em duas condições de cultivo no feijão irrigado, relatam que o sistema de semeadura direta e plantio convencional não apresentaram diferenças significativas.

### **2.2.6 Capacidade de infiltração e retenção de água no solo**

Conforme Klar (1988) a infiltração de água no solo pode ser conceituada como um fenômeno de penetração no sentido vertical descendente. Esse processo



determina o volume de água que penetra no solo nas unidades de área e tempo, e que, portanto define o escoamento superficial que pode ocorrer por excesso de irrigação ou por chuvas fortes, causando erosão. A infiltração de água é afetada pelos seguintes fatores: tempo, teor de umidade do solo, condutibilidade hidráulica, matéria orgânica, razão de aplicação de água, textura, estrutura e viabilidade espacial. Isso obriga um maior número de repetições nos testes, para obter um resultado significativo.

De acordo com Alves e Cabeda (1999) citados por Alves, Suzuki e Suzuki (2007), a infiltração de água é um dos fenômenos que melhor refletem as condições físicas internas do solo, pois uma boa qualidade estrutural leva a uma distribuição de tamanho de poros favoráveis ao crescimento de raízes e a capacidade de infiltração de água nesse solo.

Experimentos realizados por Alves, Suzuki e Suzuki (2007) em Latossolo Vermelho Distrófico de classe textural franco-argilo-arenoso, demonstraram que a taxa de infiltração é maior quando se tem a presença de cobertura vegetal no terreno, devido a influência que ela exerce nas propriedades físicas do solo (proteção contra o impacto das gotas de chuva e da desagregação da sua estrutura pelas raízes).

Zaluski e Antonelli (2014) realizaram testes de infiltração de água em área de cultivo de tabaco em um Cambissolo Hápico e observaram que a infiltração média das entrelinhas ao longo do cultivo foi menor que nos camalhões. Essa diferença pode estar associada ao manejo do solo, à influência da morfologia da planta de tabaco que potencializa a cobertura do solo nos camalhões e à compactação do solo.

De acordo com Bernardo, Soares e Mantovani (2006) o solo pode ser classificado segundo sua velocidade de infiltração básica (VIB), em: solo de VIB muito alta ( $> 30$  mm/h), solo de VIB alta ( $15 - 30$  mm/h), solo de VIB média ( $5 - 15$  mm/h), solo de VIB baixa ( $< 5$  mm/h). As propriedades físicas do solo afetam a capacidade de retenção de água. Solos de textura mais fina com predomínio de microporos e que possuem maior teor de matéria orgânica (solos argilosos) retêm maior quantidade de água que os de textura grosseira com predomínio de macroporos (solos arenosos). A capacidade de campo representa o teor máximo de água que o solo pode reter depois de saturado (JORGE, 1985; KLAR, 1988).

Experimentos realizados por Beutler et al. (2002) em Latossolo Vermelho Distrófico e Latossolo Vermelho Eutroférico sobre diferentes sistemas de uso e manejo, apresentaram que a quantidade de matéria orgânica teve pouca influência na retenção de água no solo cultivado com cana de açúcar e algodão.

Segundo Yoshioka e De Lima (2005) existem três forças que determinam o comportamento da água no solo, sendo:

- ✓ Potencial matricial: armazena a água da chuva ou irrigação pelas forças de adesão e atração entre as moléculas de água e as partículas de solo;
- ✓ Potencial gravitacional: quando a água é perdida por lixiviação ou escoamento superficial devido à força gravitacional, ou seja, o líquido tende a ser puxado para baixo;
- ✓ Potencial osmótico: é referente à presença de solutos no solo (solução do solo), onde existe a atração das moléculas ou dos íons soluto pelas moléculas de água.

### **2.2.7 Sistemas de cultivos e preparo do solo**

De acordo com Knies (2013a), o preparo do solo é um conjunto de operações que tem por objetivo propiciar condições favoráveis à semeadura, à germinação e ao crescimento das culturas. Além disso, também pode ser realizado para controle de plantas invasoras, melhorar as condições físicas do solo (absorção e retenção de água), controlar pragas e doenças e incorporar corretivos e fertilizantes. Para Franck (2014), o preparo inadequado pode ocasionar prejuízos ao solo como: desestruturação, compactação, encharcamento, processos erosivos e pé de arado ou pé de grade.

Existem dois tipos de preparo do solo, o primário e o secundário. O primeiro visa uma mobilização da camada de solo na qual se desenvolverão as raízes das culturas. Os equipamentos utilizados são: arado de aivecas ou de discos, escarificadores ou subsoladores e grades pesadas. O segundo tipo objetiva o nivelamento e o destorroamento da camada de solo já mobilizada no preparo primário. Os equipamentos usados são: grades de dentes ou de discos, rolos destorroadores e enxadas rotativas (FRANCK, 2014).

Conforme Pellegrini (2006), os manejos convencionais aplicados no solo ao longo dos anos promoveram sua degradação física e química, levando os

agricultores a ocuparem novas áreas e abandonarem outras. Devido à revolução industrial, surgiram os adubos químicos que intensificaram os cultivos aumentando ainda mais a degradação física do solo. A partir disso, observou-se a necessidade de mudar as formas de trabalhar com o solo, e começou-se a adotar práticas que visam à conservação do mesmo. Contudo, as áreas de cultivo de tabaco ainda sofrem com a forma convencional de preparo e a falta de equipamentos que facilitam o cultivo de sistemas conservacionistas.

#### **2.2.7.1 Preparo convencional**

Segundo Knies (2013a), o sistema de cultivo com preparo convencional do solo, consiste em uma ou mais arações (preparo primário) e duas ou mais gradagens niveladoras (preparo secundário), sendo os restos culturais queimados ou incorporados ao solo. Esse tipo de cultivo foi criado na Europa, em climas frios, para controlar as ervas daninhas e aquecer o solo após o inverno. As vantagens desse sistema são o bom controle das plantas invasoras e de algumas pragas, e a boa aeração na camada arável. Contudo, possui desvantagens significativas, pois o solo fica descoberto de palha (aumento da erosão), com formação de camada superficial compactada (selamento superficial que diminui a taxa de infiltração de água) e camada subsuperficial compactada (pé de arado), com maior perda de água e maior amplitude térmica no seu interior, utilizando mais mão de obra e maior custo com máquinas e implementos. A queimada das palhas é outra etapa desse processo, isso facilita o preparo ou a semeadura posterior, pois elimina restos de outras culturas. Também controla plantas daninhas, pragas e doenças, mas elimina a matéria orgânica do solo, destrói seus micro-organismos, eleva a temperatura e volatiliza nitrogênio (N) e enxofre (S).

Os produtores de tabaco utilizam o revolvimento para fazer a adubação em pré-plantio e nas fases iniciais da cultura. Fazem isso para aproximar solo às raízes e cobrir o nitrogênio aplicado. No entanto, esse tipo de preparo deixa o solo sem cobertura, ficando vulnerável à ação da erosão hídrica (PELLEGRINI, 2006).

### **2.2.7.2 Cultivo mínimo**

Knies (2013a) relata que esse sistema consiste na redução do número de operações de preparo do solo, no qual pulveriza menos e deixa mais resíduos na sua superfície. O preparo pode ser feito com os mesmos equipamentos do sistema convencional, usando-se geralmente escarificadores e grades leves. Para White (2009), qualquer resto de planta deixada sobre a superfície protege o solo da erosão até que a cultura comercial se estabeleça.

O tipo de implemento utilizado e a intensidade do preparo modificam a quantidade de resíduos remanescentes na superfície do solo após seu preparo. Além disso, a forma de preparo também influi nas propriedades físicas da superfície e subsuperfície do solo, alteram densidade e porosidade, que influenciarão a capacidade de infiltração e retenção de água no solo (COGO, 1981 e BERTOL, 1995 citados por PELLEGRINI, 2006).

As vantagens desse cultivo são: menos gastos com máquinas, combustível e mão de obra; menor desagregação da superfície do solo; maior rugosidade do solo, maior capacidade de armazenamento da água superficial e a formação de pé de arado é dificultada. Mas algumas desvantagens também são descritas como: leito de semeadura desuniforme; diminuição da erosão (sendo ainda existente); embuchamento da semeadora no momento de sua operação (KNIES, 2013a).

### **2.2.7.3 Plantio direto**

Conforme Denardin (1997) citado por Knies (2013a), o sistema de plantio direto ou semeadura direta envolve a diversificação de espécies, via rotação de culturas, as quais são estabelecidas mediante mobilização do solo exclusivamente na linha de plantio, mantendo os resíduos vegetais das espécies anteriores na superfície do solo. É um sistema de cultivo que se baseia em dois princípios: cobertura permanente do solo e a rotação de culturas.

De acordo com Jorge (1985), nesse sistema elimina-se a aração, gradagens, escarificação e outras operações utilizadas no sistema convencional, sendo as plantas invasoras combatidas por meio de herbicida. Para inserir essa prática, é necessário um planejamento inicial. A gleba não pode apresentar problemas de compactação, no caso de ocorrência, é preciso proceder uma escarificação (até 30

cm) ou subsolagem (além de 30 cm de profundidade) para disponibilizar boas condições para o desenvolvimento das raízes. A profundidade a ser descompactada vai depender da profundidade do sistema radicular das culturas que serão trabalhadas. Além disso, os sulcos de erosão devem ser terraplanados para facilitar o plantio e aplicação de defensivos. E também, se preciso, deverá ser realizada a calagem, para melhorar a disponibilidade de nutrientes do solo.

O autor também relata que mesmo controlando e reduzindo o tráfego de máquinas tem-se verificado uma tendência em desenvolver uma camada superficial compactada, situada nos primeiros vinte centímetros (20 cm) devido a não remoção do solo. Mas essas diferenças podem levar alguns anos para se evidenciarem.

As vantagens desse sistema são: amortecimento do impacto das gotas de chuva, eficiente controle contra a erosão; aumento da infiltração de água; menor perda de água, pois diminui evaporação; diminuição da amplitude térmica do solo; economia de combustível; redução da necessidade de mão de obra, humanização no trabalho do agricultor; plantio e semeadura das culturas nas épocas mais indicadas, com grande redução das dependências climáticas; diminuição do risco de replantio de lavouras; excelente controle de plantas daninhas; economia de fertilizantes, isso a médio e longo prazo; redução do custo de produção; melhoria das condições químicas (fertilidade), físicas (estruturação do solo) e biológicas (atividade biológica aumenta) do solo. Mas alguns empecilhos ocorrem como: maior custo de implantação do sistema para descompactação do solo e com aquisição de calcários e adubos; compra de implementos específicos; maior uso de herbicidas; maior incidência de pragas (lesmas e lagarta rosca) e doenças do solo; produtividade inicial reduzida (aproximadamente nos três primeiros anos) quando comparada ao sistema convencional (KNIES, 2013a).

Uma das principais plantas de cobertura usadas no plantio direto do tabaco é a aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.). É uma gramínea anual de inverno, sendo considerada uma espécie rústica, pouco exigente em fertilidade de solo e possui grande capacidade de perfilhamento. Caracteriza-se pelo seu crescimento vigoroso e tolerância a solos com acidez e pela sua precocidade em relação aos demais cereais de inverno. Seu plantio é recomendado em regiões temperadas e subtropicais, tanto ao nível do mar como em altitudes de 1000 a 1300 metros. Apresenta ciclo produtivo longo, mas invernos rigorosos podem diminuir sua taxa de crescimento (FONTANELI, SANTOS e FONTANELI, 2012).

Sua época de semeadura é de abril a maio. Quando semeada a lanço, sua densidade deve ser de trezentas a trezentas e vinte (300 a 320) sementes por metro quadrado (sementes/m<sup>2</sup>) e em torno de sessenta e cinco quilogramas de sementes viáveis por hectare (65 kg/ha). A profundidade de semeadura varia de dois a três centímetros (2 a 3 cm). Sua produção de massa seca é aproximadamente de três a seis toneladas por hectare (3 a 6 t/ha) e de massa verde de trinta a sessenta toneladas por hectare (30 a 60 t/ha) (PIRAÍ SEMENTES, 20--).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Área experimental

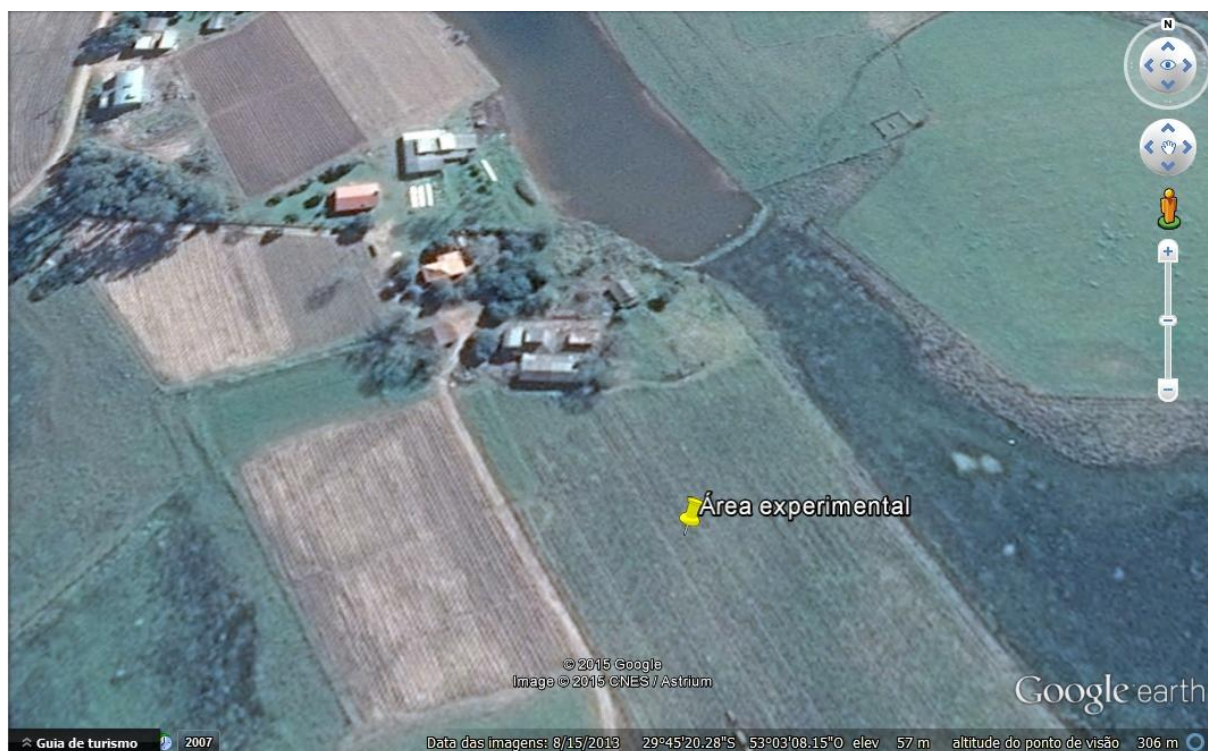
O trabalho foi realizado na propriedade de Adelmo Fernando Bernardt, situada na localidade de Cortado, interior do município de Novo Cabrais, na região Central do estado do Rio Grande do Sul (Brasil). A propriedade encontra-se na latitude 29°45'20.28"S e na longitude 53°03'08.15"O e a 57 metros de altitude (Figura 3). O experimento foi conduzido de março a outubro de 2015, com preparo do solo, implantação da cultura e coleta das amostras para análise.

Segundo a classificação climática de Koppen, a região é do tipo Cfa, de clima temperado úmido, com temperatura média do mês mais quente maior que 22 °C e com temperatura média do mês mais frio entre -3°C e 18°C. As chuvas da região normalmente são bem distribuídas variando de 1300 a 1800mm anualmente (MORENO, 1961 citado por PELLEGRINI, 2006 ; HOPPE, 2010).

O solo da área experimental é classificado como Argissolo Bruno Acinzentado Alítico úmbrico (unidade Santa Maria). Fisicamente possui drenagem moderada com saturação de água em determinados períodos do ano, quimicamente apresenta um ambiente ácido com saturação por bases menor que 65%, elevado teor de alumínio e com razoável teor de matéria orgânica (STRECK et al., 2008).

A área do experimento historicamente é cultivada no verão com tabaco (*Nicotiana tabacum*), e no período do inverno é implantada aveia preta (*Avena strigosa Schreb.*) com o objetivo de formar cobertura verde para proteger o solo durante o período que antecede a safra comercial.

Figura 3 – Localização da área experimental



Fonte: Google Earth, 2015.

### 3.2 Delineamento experimental

O ensaio foi inteiramente casualizado, constou de um sistema com três tratamentos e sete repetições (Figuras 4 e 5). Cada tratamento foi dividido em sete parcelas com 9m<sup>2</sup> (3 x 3), os testes foram realizados na linha e na entrelinha da cultura, a partir dos 50 dias após transplante (50 DAT) das mudas para a lavoura. Na Figura 4, as linhas vermelhas contínuas representam as linhas de cultivo e as linhas pretas tracejadas, o limite entre as parcelas.



Figura 4 - Delineamento experimental

CM7	CM7	PC7	PC7	PD7	PD7
CM6	CM6	PC6	PC6	PD6	PD6
CM5	CM5	PC5	PC5	PD5	PD5
CM4	CM4	PC4	PC4	PD4	PD4
CM3	CM3	PC3	PC3	PD3	PD3
CM2	CM2	PC2	PC2	PD2	PD2
CM1	CM1	PC1	PC1	PD1	PD1
CULTIVO MÍNIMO		PREPARO CONVENCIONAL		PLANTIO DIRETO	

Fonte: Autor, 2015.

Figura 5 - Delineamento experimental no campo



Fonte: Registro fotográfico do autor, 2015.

Os tratamentos utilizados foram preparo convencional (PC) implantado com uma aração sobre aveia (*Avena strigosa Schreb.*) + duas gradagens e posterior preparo do camalhão 10 dias antes do transplante das mudas de tabaco (Figura 6); cultivo mínimo (CM) implantado com uma gradagem sobre aveia (*Avena strigosa Schreb.*) e posterior preparo do camalhão 10 dias antes do transplante das mudas de tabaco (Figura 7); plantio direto (PD) implantado com uma gradagem, preparo do

camalhão e posterior semeadura da aveia (*Avena strigosa* Schreb.) aproximadamente 120 dias antes do transplante do tabaco (Figura 8).

Após a coleta, os resultados de densidade aparente do solo e resistência à penetração das raízes foram analisados estatisticamente através do software Assistat Versão 7.7 beta (pt).

Figura 6 - Preparo convencional



Fonte: Registro fotográfico do autor, 2015.

Figura 7 - Cultivo mínimo



Fonte: Registro fotográfico do autor, 2015.

Figura 8 - Plantio direto



Fonte: Registro fotográfico do autor, 2015.

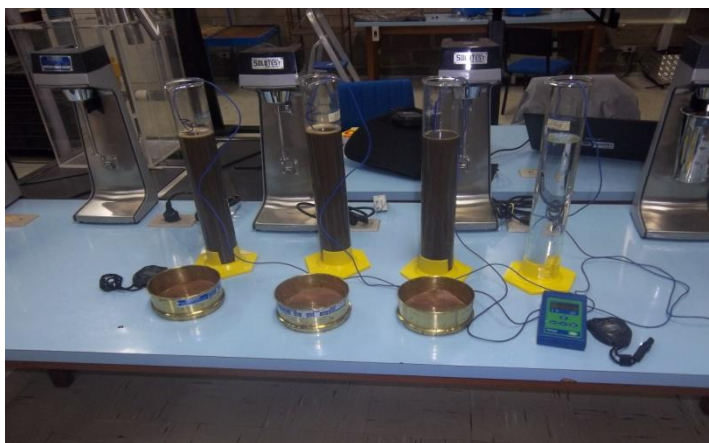


### 3.3 Determinações

#### 3.3.1 Análise granulométrica do solo

Para caracterizar texturalmente o solo da área em estudo, foram realizadas anteriormente aos ensaios coletas de amostras na profundidade de 0 a 40cm. As amostras deformadas foram levadas ao Laboratório de Agrohidrologia da Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC) para a realização das análises (Figura 9) conforme o método de Vettori (1969).

Figura 9 - Análise granulométrica



Fonte: Registro fotográfico do autor, 2015.

#### 3.3.2 Densidade aparente do solo

Para determinar a densidade do solo foram coletadas 2 amostras de solo por parcela em cada tratamento (uma na linha e outra na entrelinha). Uma vez que cada tratamento possui 7 parcelas, coletaram-se 14 amostras por tratamento totalizando 42 amostras.

O solo foi coletado em anéis cilíndricos aos 50 DAT, na profundidade de 0-0,10m na linha e na entrelinha da cultura (Figura 10). Após isso, as amostras foram pesadas e levadas à estufa (105°C) para a obtenção da massa seca de solo por unidade de volume. Os procedimentos utilizados foram o do método do anel volumétrico (EMBRAPA, 1997).

Figura 10 – Análise de densidade (linha e entrelinha)



Fonte: Registro fotográfico do autor, 2015.

### 3.3.3 Resistência do solo à penetração

Esse parâmetro foi determinado aos 50 DAT, com um medidor eletrônico de compactação do solo (penetroLOG) marca (Falker) modelo (PLG1020) manual e com armazenagem eletrônica dos dados. As leituras foram feitas na profundidade de 0-0,40m na linha e na entrelinha da cultura (Figura 11). Em cada tratamento foram feitas 7 repetições (uma em cada parcela) totalizando 21 amostras, igualmente para linha e entre linha da cultura. Esse procedimento objetivou diagnosticar a resistência mecânica máxima do solo à penetração das raízes.

Figura 11 - Análise de resistência à penetração



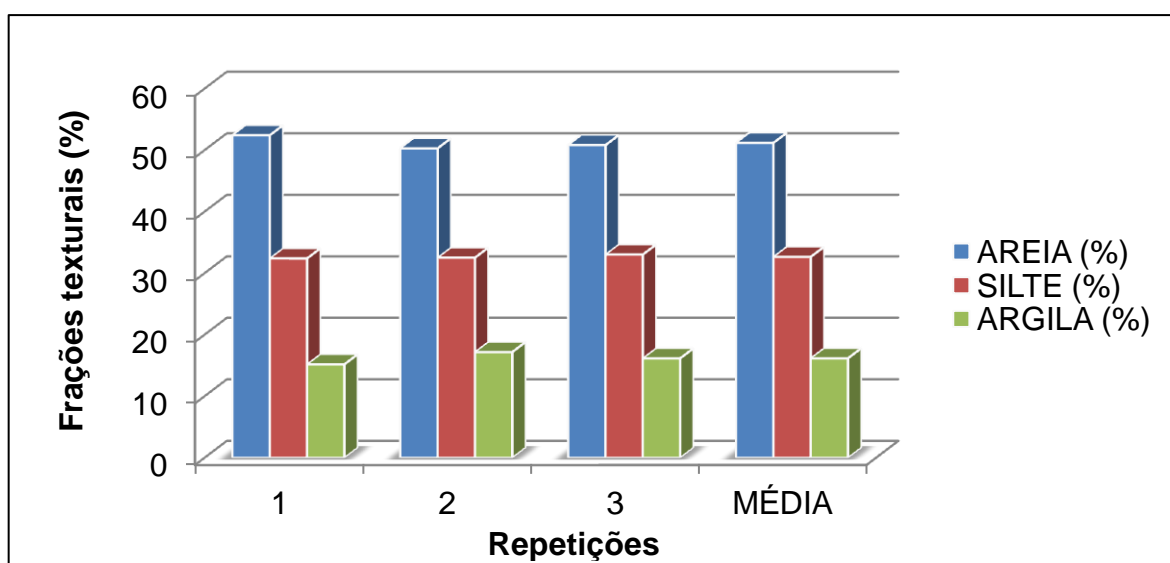
Fonte: Registro fotográfico do autor, 2015.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Análise granulométrica do solo

Foram coletadas na área experimental três amostras deformadas de solo na profundidade de 0 a 40 cm, para realizar a análise granulométrica textural, conforme o método de Vettori (1969), sendo os resultados demonstrados na Figura 12.

Figura 12 - Análise granulométrica textural

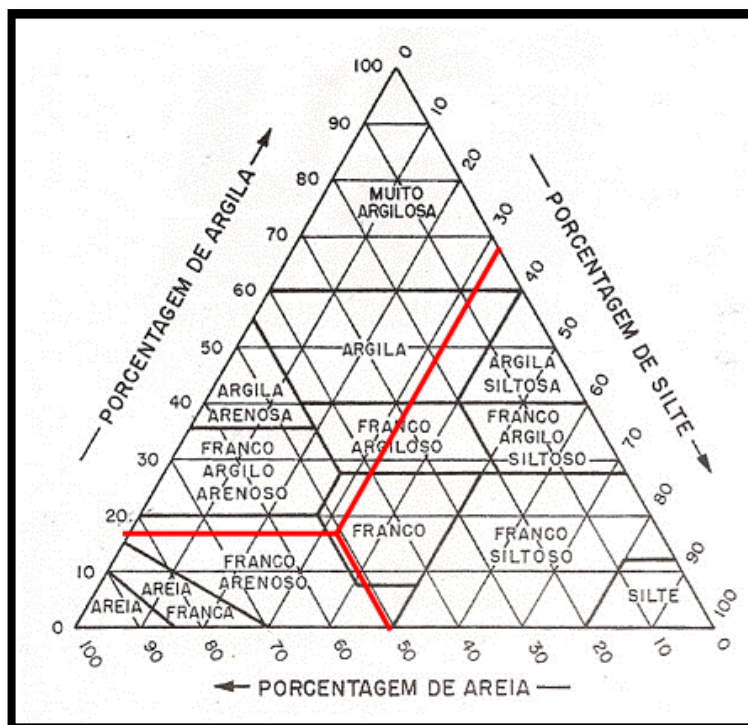


Fonte: Autor, 2015.

Observando-se a análise granulométrica, percebe-se que, nas três repetições realizadas, as frações texturais diferenciaram-se muito pouco, isso demonstra que o solo da área experimental possui boa uniformidade na sua composição. Levando em consideração os parâmetros estudados nesse trabalho, essa igualdade textural subsidia a confiabilidade dos resultados encontrados.

Na média das determinações, esse solo possui 51,18% de areia, 32,65% de silte e 16,17% de argila. Interpolando esses dados no Triângulo de Atterberg pode-se classificar essa camada de 0 a 40cm como sendo um solo franco (Figura 13).

Figura 13 - Triângulo de atterberg



Fonte: Streck et al., 2008

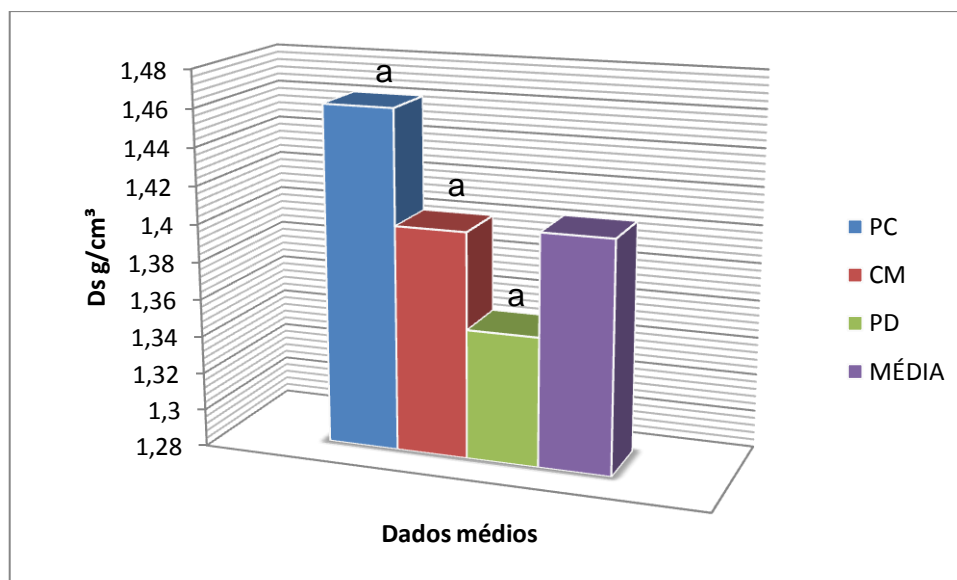
Solos que possuem maiores teores de areia e silte apresentam menor resistência à desagregação, sendo mais vulneráveis à erosão pelo impacto da gota da chuva e pelo escoamento superficial das águas (STRECK et al., 2008). Para KLAR (1988) solos de textura arenosa são friáveis, de boa drenagem e aeração, porém possui baixa capacidade de retenção e condução de água e nutrientes.

De maneira geral, solos com maior percentual de areia sofrem menos com problemas de compactação, devido a sua menor capacidade de adesão de seus fragmentos. Essa característica influencia nos tipos de implementos a serem usados no preparo do solo e no sistema de cultivo a ser praticado.

#### 4.2 Análise da densidade aparente do solo

Os resultados da densidade aparente no solo coletados na linha e entrelinha do tabaco podem ser visualizados nas Figuras 14 e 15, assim como nas análises estatísticas nos Anexos A e B, respectivamente.

Figura 14 - Densidade média na linha



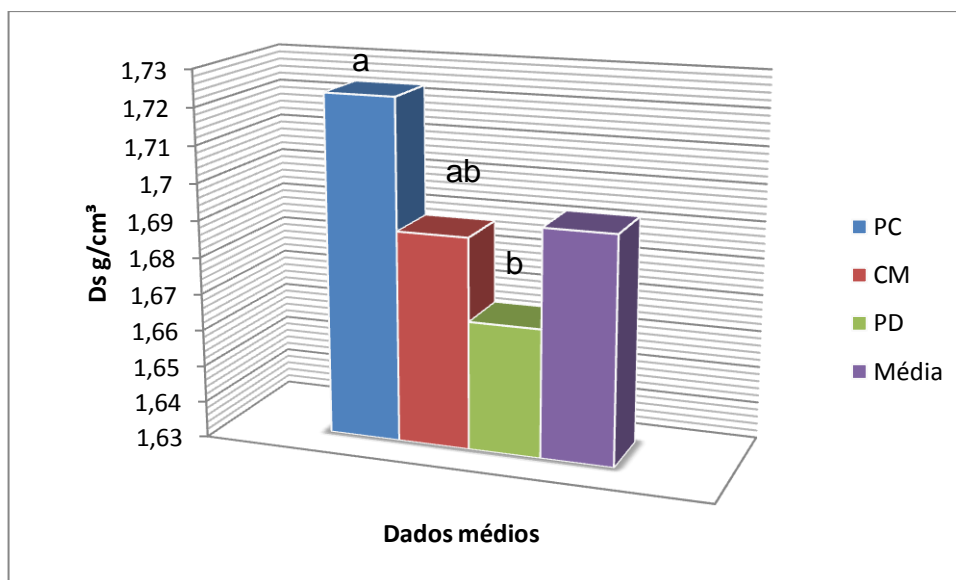
Fonte: Autor, 2015.

Na avaliação da densidade do solo na linha no plantio de tabaco, a análise estatística não apresentou diferença significativa entre os tratamentos. O sistema de plantio não interferiu na densidade do solo. A densidade média do solo na linha de plantio foi 1,40g/cm³ (Anexo A). Esse resultado é menor que a densidade média do solo na entrelinha de plantio que é de 1,69g/cm³ (Anexo B).

O maior valor apresentado na entrelinha pode ser explicado devido à pressão que os pneus do trator exercem ao solo no momento do preparo do camalhão. Jorge (1985), afirma que quando acontece uma pressão sobre o solo, o mesmo se deforma diminuindo o seu volume e aumentando sua densidade. Para o menor resultado encontrado na linha, leva-se em consideração que a planta de tabaco possui rápido crescimento e boa área foliar; promovendo a proteção do solo frente às intempéries climáticas, justificando o valor encontrado.



Figura 15 - Densidade média na entrelinha



Fonte: Autor, 2015.

Na avaliação da densidade do solo na entrelinha de plantio de tabaco, a análise estatística apresentou diferenças significativas entre os tratamentos. Através do teste de Tukey é possível verificar que o plantio direto apresentou a menor densidade ( $1,66\text{g/cm}^3$ ) diferindo do plantio convencional ( $1,72\text{g/cm}^3$ ) e cultivo mínimo ( $1,69\text{g/cm}^3$ ) que não diferiram entre si, conforme pode ser observado no Anexo B.

Isso é justificado por Knies (2013a) quando afirma que o plantio direto auxilia no amortecimento do impacto das gotas de chuvas e no controle da erosão melhorando as condições físicas do solo. E por Pellegrini (2006), quando relata que o preparo convencional desestrutura o solo, deixando-o por bastante tempo exposto a ação da erosão causando aumento de sua compactação.

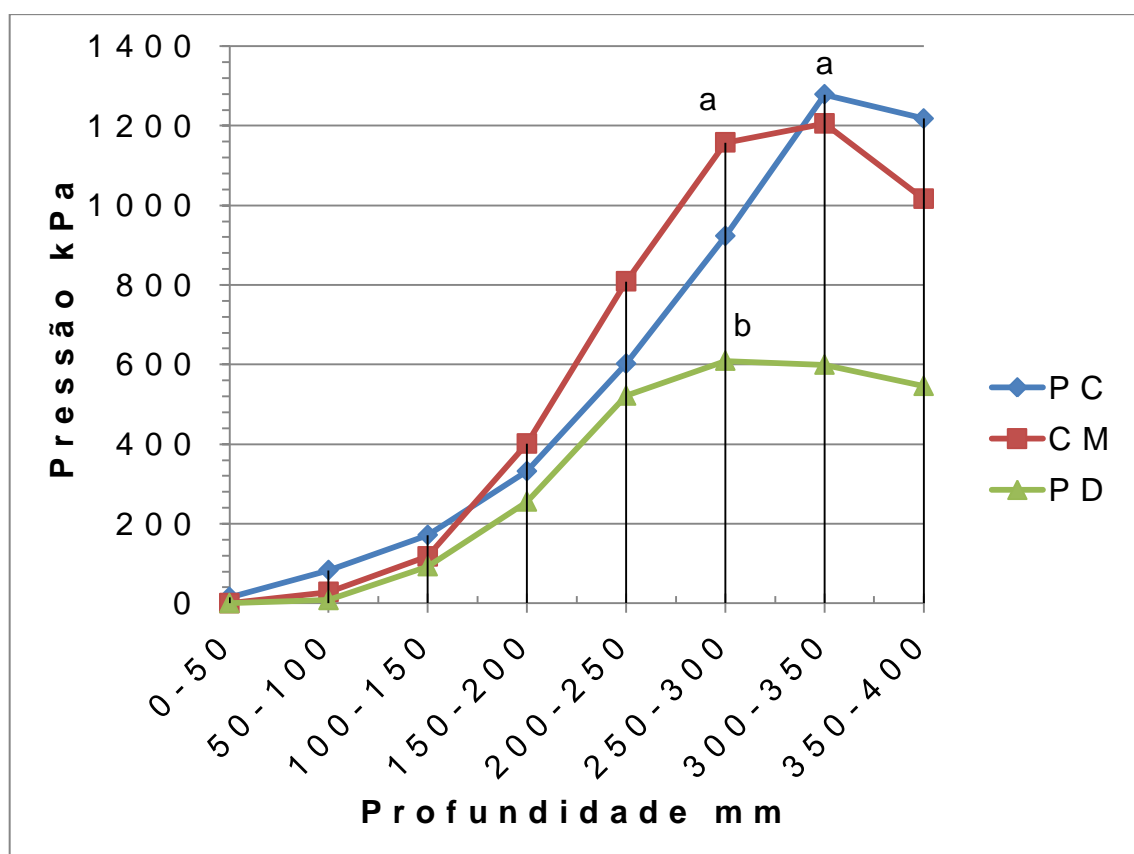
Os valores encontrados no cultivo mínimo podem ser explicados pela afirmação de White (2009), quando o autor descreve que qualquer resto de planta deixada sobre a superfície protege o solo até que a cultura subsequente se estabeleça. Segundo Cogo (1981) e Bertol (1995) citados por Pellegrini (2006), também relatam que a forma de preparo do solo influencia nas suas propriedades físicas da superfície e subsuperfície, alterando densidade e porosidade, que afetarão a infiltração e retenção de água no solo. Mas, apesar desse sistema manter um pouco de palha na superfície do solo, essa ação não é suficiente para terminar com os processos erosivos, principalmente quando o solo é submetido a elevadas precipitações pluviométricas.

Solos com textura arenosa possuem limite crítico para o desenvolvimento das plantas com densidade de aproximadamente  $1,65\text{g/cm}^3$ , conforme o Quadro 1 de Reinert e Reichert (1999) adaptado por Knies (2013b). Nas análises deste experimento, todos os ensaios realizados na entrelinha dos tratamentos PD ( $1,66\text{g/cm}^3$ ), CM ( $1,69\text{g/cm}^3$ ) e PC ( $1,72\text{g/cm}^3$ ) excederam esse limite. A mobilização excessiva do solo em seu preparo nos tratamentos PC e CM e as elevadas precipitações (anexo E) ocorridas nos meses da realização das análises afetaram a densidade.

### 4.3 Análise da resistência do solo à penetração

Os resultados da resistência do solo à penetração colhidos na linha e entrelinha do tabaco são mostrados nas Figuras 16 e 17, assim como as análises estatísticas nos Anexos C e D, simultaneamente.

Figura 16 - Resistência à penetração na linha



Fonte: Autor, 2015.

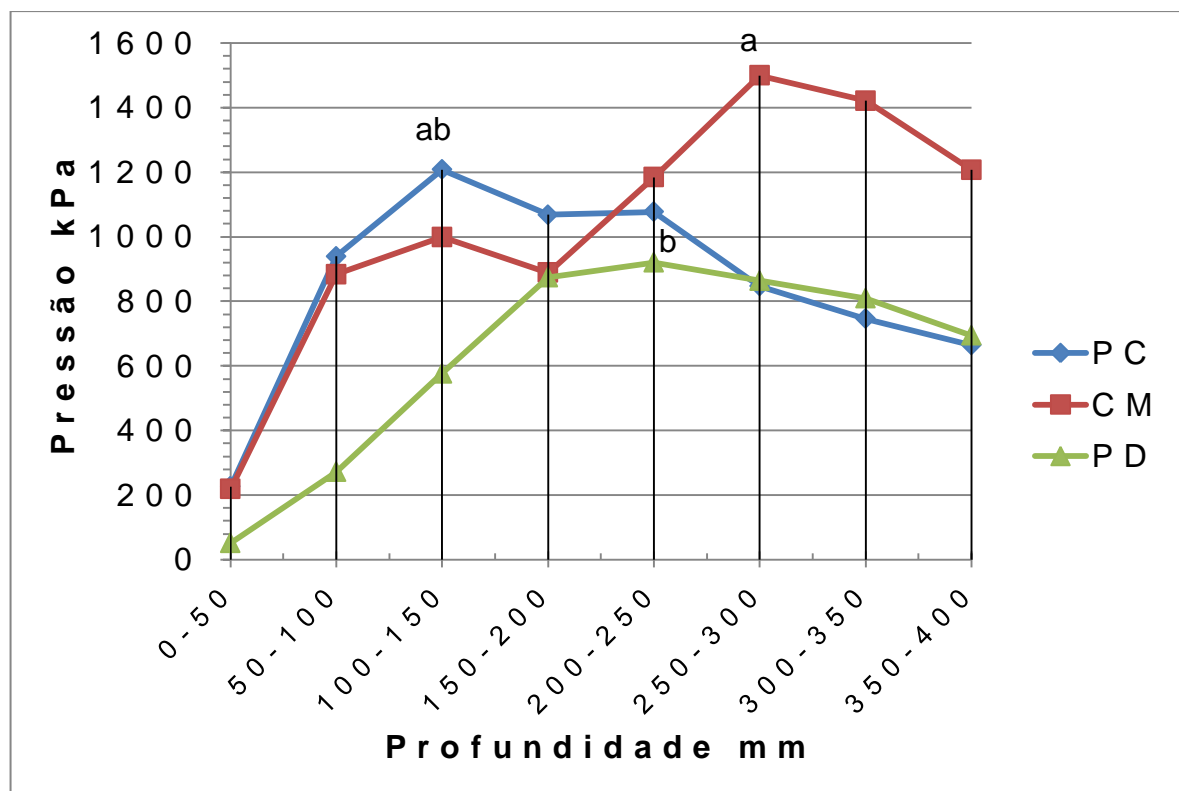
A análise estatística da resistência à penetração no solo na linha de plantio de tabaco apresentou diferenças significativas entre os tratamentos. O método de plantio direto apresentou a menor resistência à penetração de 329,1kPa diferindo através do teste de Tukey dos métodos preparo convencional (577,8kPa) e de cultivo mínimo (591,9kPa) que não diferiram entre si, conforme pode ser observado no Anexo C.

Esses resultados estão diretamente interligados à forma de preparo e à conservação do solo, o que justifica a colocação de Pelegrini (2006) e Frank (2014), em que manejos convencionais aplicados ao longo dos anos e preparo inadequado podem causar prejuízos ao solo, como: desestruturação, compactação e agravamento da erosão.

Analisando a figura 16, podemos observar que na camada de 0 a 150mm, os tratamentos não tiveram grande diferença, isso está ligado à presença do camalhão nessa profundidade. O PD apresentou os menores valores em toda a linha de cultivo, tendo um leve aumento nas profundidades de 150 até 300mm, estabilizando nas camadas seguintes. Já os tratamentos CM e PC tiveram um crescimento da camada de 150mm até a camada de 300 e 350mm respectivamente.

Observando os valores concomitantemente, percebe-se que todos os tratamentos a partir de 350mm tendem a um declínio na sua resistência. Isso pode estar ligado ao histórico de manejo do solo na área experimental, pois a mobilização do preparo primário chega até esta profundidade, sendo a partir desta não mais afetada pelo preparo do solo, mantendo as suas características morfológicas.

Figura 17 - Resistência à penetração na entrelinha



Fonte: Autor, 2015.

A análise estatística da resistência à penetração no solo na entrelinha de plantio de tabaco apresentou diferenças altamente significativas entre os tratamentos. O método de plantio direto apresentou a menor resistência à penetração de 632,8kPa mas não diferiu do método preparo convencional (847,14kPa), diferindo através do teste de Tukey do método cultivo mínimo (1.037,9kPa), conforme pode ser observado no anexo D.

Avaliando a figura 17, nota-se que o PD teve as menores pressões em quase toda a profundidade, tendo um aumento da resistência até 200mm, mantendo-se praticamente estável nas profundidades posteriores. Isso justifica a declaração de Jorge (1985) de que no plantio direto mesmo se controlando e reduzindo o tráfego de máquinas tem-se verificado uma tendência nos solos em desenvolver uma camada superficial compactada, situada nos primeiros 200mm, devido a não remoção do solo. O CM apresentou alguns pontos de declínio e crescimento no gráfico, possuindo uma maior resistência na profundidade de 300mm. Já o PC teve a maior resistência na camada de 150mm, isso é explicado por Knies (2013a), que descreve o preparo convencional sendo um sistema que modifica a estrutura do solo deixando a sua superfície desprotegida do impacto das gotas da chuva, vindo a

formar uma camada superficial compactada, em que dificulta o desenvolvimento do sistema radicular das plantas.

A resistência à penetração média do solo na linha de plantio de tabaco foi 499,6kPa (Anexo C). Esse resultado é menor que a resistência média à penetração do solo na entrelinha de plantio (839,3kPa), conforme apresentado no Anexo D. Esse resultado pode ser explicado pelo mesmo princípio usado na comparação da densidade aparente média do solo na linha e entrelinha do tabaco, pois a pressão dos pneus que é exercida na entrelinha no momento do preparo do camalhão diminui o seu volume e aumenta sua compactação. E como na linha o tabaco se estabelece rapidamente, as suas folhas servem de proteção a agentes compactadores.

Conforme o Quadro 1 de Reinert e Reichert (1999) adaptado por Knies (2013b), solos de textura arenosa possuem limite crítico de resistência à penetração para o desenvolvimento das plantas de 2000kPa. Nas análises desse experimento nenhum dos tratamentos ultrapassou esse valor.

## 5 CONCLUSÕES

Solos compactados dificultam o crescimento radicular da planta pelo aumento da densidade, diminuem o número de macroporos e microporos, decrescem a capacidade de infiltração e retenção de água, afetando diretamente o desenvolvimento da planta. Por isso, o monitoramento da estrutura física do solo através de análises possui grande importância na produtividade do tabaco.

A densidade média do solo na linha e entrelinha de plantio foram  $1,40\text{g/cm}^3$  e  $1,69\text{g/cm}^3$ , respectivamente. O valor encontrado na primeira é menor devido à presença do camalhão, e maior na segunda devido à pressão exercida pelos pneus ao solo no momento de seu preparo. Os ensaios realizados na entrelinha dos tratamentos PC ( $1,72\text{g/cm}^3$ ), CM ( $1,69\text{g/cm}^3$ ) e PD ( $1,66\text{g/cm}^3$ ) excederam o limite crítico de densidade para o desenvolvimento das raízes que é de  $1,65\text{g/cm}^3$ . Na avaliação da densidade do solo na linha de plantio do tabaco o tratamento não interferiu na densidade do solo.

A resistência à penetração média do solo na linha de plantio de tabaco foi  $499,6\text{kPa}$ . Esse dado é menor que a resistência média à penetração do solo na entrelinha de plantio ( $839,3\text{kPa}$ ). Esse resultado pode ser explicado pelo mesmo princípio usado na comparação da densidade aparente média do solo na linha e entrelinha do tabaco, pois a pressão dos pneus que é exercida na entrelinha no momento do preparo do camalhão diminui o seu volume e aumenta sua compactação. E como na linha o tabaco se estabelece rapidamente, as suas folhas servem de proteção a agentes compactadores. Nenhuma das avaliações excedeu o limite crítico tolerável das plantas da resistência à penetração no solo. Entre os tratamentos os que apresentaram os maiores valores médios de resistência à penetração do solo na entrelinha e linha foram respectivamente, CME ( $1037,90\text{kPa}$ ), PCE ( $847,14\text{kPa}$ ), PDE ( $632,76\text{kPa}$ ) e CML ( $591,87\text{kPa}$ ), PCL ( $577,81\text{kPa}$ ), PDL ( $329,07\text{kPa}$ ).

Verificou-se que o solo da área experimental, que possui textura arenosa classificada segundo o Triângulo de Atterberg como sendo um solo franco, apresenta boas características para o cultivo. Mas, os sistemas de preparo convencional e cultivo mínimo afetaram a densidade do solo na entrelinha do tabaco, com resultados muito acima dos considerados críticos ou prejudiciais ao desenvolvimento das plantas.

Sugere-se a adoção do plantio direto em toda área de cultivo, pois entre os tratamentos foi o sistema que apresentou os menores valores de resistência à penetração e à densidade aparente do solo. Esse sistema deve ser implantado com planejamento, sendo necessário descompactar as áreas com problema e realizar a calagem (se necessário) para melhorar a disponibilidade de nutrientes. Além disso, a rotação de culturas e a utilização de plantas de cobertura como o nabo forrageiro que possui sistema radicular agressivo são medidas que auxiliam na descompactação do solo e também melhoram as suas características físicas, aumentando a produtividade do tabaco.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, M. C.; SUZUKI, L. G. A. S.; SUZUKI, L. E. A. S. Densidade do solo e infiltração de água como indicadores da qualidade física de um Latossolo Vermelho distrófico em recuperação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.31, n.4 p. 617-625, jul./ago. 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v31n4/a02v31n4.pdf>>. Acesso em: 16 mai. 2015.
- BANZATTO, David Arioaldo; KRONKA, Sérgio do Nascimento. *Experimentação agrícola*. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2006. 237 p.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. *Manual de irrigação*. 8. ed. atualizada e ampliada. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 625p.
- BERNARDO, Salassier. *Manual de irrigação*. 6. ed. Viçosa: Imprensa Universitária, 1995.657p.
- BEUTLER, A. N. et al. Retenção de água em dois tipos de Latossolos sob diferentes usos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 26, p. 829-834, 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v26n3/29.pdf>>. Acesso em: 17 ago. 2015.
- BOLZAN, Diego. *Modificações nas propriedades físico-hídricas de um argissolo submetido às operações de semeadura e pulverização em diferentes condições de umidade*. 2012. 69p. Trabalho de curso (Graduação em Engenharia Agrícola) – UNISC, Santa Cruz do Sul (RS), 2012.
- CARVALHO et al. Avaliação da resistência do solo sob dois sistemas de manejo: plantio direto e convencional. *Revista Científica Eletrônica de Agronomia*, Garça, v.22, n.2, dez. 2012. Disponível em: <[http://faef.revista.inf.br/imagens\\_arquivos/arquivos\\_destaque/2iWYap3vRUfb9KU\\_2013-5-17-18-15-18.pdf](http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/2iWYap3vRUfb9KU_2013-5-17-18-15-18.pdf)>. Acesso em: 04 nov. 2015.
- COLLINS, W. K.; HAWKS, JR. S. N. *Fundamentos da produção do tabaco de estufa*. Santa Cruz do Sul: [s.n.], 2011. 318p.



EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). *Manual de métodos de análise de solo*. 2º. ed. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro: Embrapa CNPS, 1997.

FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S. (ed). *Forrageiras para integração lavoura-pecuária-floresta na região sul-brasileira*. 2 ed. Brasília: Embrapa, 2012.

FRANCK, Cristian Josué. *Material didático sobre máquinas para preparo do solo*. Disciplina de Máquinas Agrícolas II. Curso de Engenharia agrícola. UNISC. 2014.

GOELZER, A. M. *Tamanho ótimo de parcelas para experimentação de campo em tabaco tipo Burley e Virgínia*. 2010. 63p. Trabalho de monografia (em Estatística) – UFRGS, Porto Alegre (RS), 2010. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/24861/000749614.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 19 ago. 2015.

HOPPE, M. *Material didático sobre climatologia e classificação climática*. Disciplina de Agrometeorologia. Curso de Engenharia agrícola. UNISC. 2010.

JORGE, José Antonio. *Física e manejo dos solos tropicais*. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1985. 328p.

KAISER, Douglas Rodrigo. *Material didático sobre solos florestais*. Centro de ciências rurais – Departamento de solos. UFSM. 2010. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAx1UAK/solos-florestais-apostila-aulas-praticas?part=4#>>>. Acesso em: 17 abr. 2015.

KLAR, Antonio Evaldo. *A água no sistema solo-planta-atmosfera*. 2. ed. São Paulo (SP): Nobel, 1988. 408p.

KLAUS, R.; TIMM, L.C. *Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações*. Barueri: Manole, 2004.

KNIES, Alberto Eduardo. *Material didático sobre compactação do solo*. Disciplina de Conservação do Solo e Água. Curso de Engenharia Agrícola. UNISC. 2013b.

KNIES, Alberto Eduardo. *Material didático sobre sistemas de cultivo/preparo do solo*. Disciplina de Conservação do Solo e Água. Curso de Engenharia Agrícola. UNISC. 2013a.

LENZ, Mauricio Henrique. *Material didático sobre compactação do solo*. Disciplina de Ciência do Solo. Curso de Engenharia Agrícola. UNISC. 2011.

LIBARDI, Paulo Leonel. *Dinâmica da água no solo*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo (EDUSP), 344p, 2005.

PELLEGRINI, André. *Sistemas de cultivo da cultura do fumo com ênfase às práticas de manejo e conservação do solo*. 2006. 91p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – UFSM, Santa Maria, 2006. Disponível em: <<http://w3.ufsm.br/ppgcs/disserta%E7%F5es%20e%20teses/Disserta%E7%E3o%20Final%20Andr%E9%20Pellegrini.pdf>>. Acesso em: 16 abr. 2015.

PIRAÍ SEMENTES. *Catálogo adubação verde e cobertura vegetal*. Piracicaba, 20---. Disponível em: <[http://www.pirai.com.br/texto-b23-aveia\\_preta.html](http://www.pirai.com.br/texto-b23-aveia_preta.html)>. Acesso em: 17 abr. 2015.

RIBEIRO, K. D. et al. Propriedades físicas do solo, influenciadas pela distribuição de poros, de seis classes de solos da região de Lavras-MG. *Ciênc. Agrotec.*, Lavras, V. 31, n. 4, p. 1167-1175, jul./ago., 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cagro/v31n4/33.pdf>>. Acesso em: 17 ago. 2015.

SINDITABACO (Sindicato Interestadual da Indústria do Tabaco). *Sobre o setor – exportações, dimensões do setor, perfis do produtor*, 2015. Disponível em: <<http://sinditabaco.com.br>>. Acesso em: 28 mar. 2015.

STRECK, E. V. et al. *Solos do Rio Grande do Sul*. 4. ed. revisada e ampliada. Porto Alegre: EMATER/RS-ASCAR, 2008. 222p.

TORMENA, C. A. et al. Densidade, porosidade e resistência à penetração em latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo. *Scientia Agricola*, v.59, n.4, p.795-801, out./dez. 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sa/v59n4/a26v59n4.pdf>>. Acesso em: 16 mai. 2015.

VETTORI, L. *Métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro: EPFS, 1969. 24p.

VOGT, Olgário Paulo. *A produção de fumo em Santa Cruz do Sul*. Santa Cruz do Sul: EDUNISC, 1997. 283p.

WHITE, Robert Edwin. *Princípios e práticas da ciência do solo*. Tradução de Iara Fino Silva e Durval Dourado Neto. 4. ed. São Paulo: Andrei Editora Ltda, 2009. 426p.

YOSHIOKA, M. H.; DE LIMA, M. R. *Material didático sobre experimentoteca de solo – projeto solo na escola*. Departamento de Solos e Engenharia Agrícola. UFPR. 2005. Disponível em: <<http://www.sbcs.org.br/wp-content/uploads/2012/09/experimentotecasolos1.pdf>>. Acesso em: 16 mai. 2015.

ZALUSKI, P.; ANTONELI, V. Variabilidade na infiltração da água no solo em área de cultivo de tabaco na região centro-sul do Paraná. *Revista Caderno de Geografia* v.24, n.41, 2014. Disponível em: <<http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/P.2318-2962.2014v24n41p34/5989>>. Acesso em: 16 mai. 2015.

## ANEXO A – Análise estatística da densidade aparente na linha

ASSISTAT Versão 7.7 beta (2015) - Homepage <http://www.assistat.com>  
 Por Francisco de A. S. e Silva - UFCG-Brasil - Atualiz. 04/10/2015

Arquivo Densidade-linha.txt Data 28/10/2015 Hora 19:47:11

### EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO QUADRO DE ANÁLISE

	FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	2		0.04392	0.02196	2.3435 ns
Resíduo		18	0.16868	0.00937	
Total		20	0.21260		

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ )

ns não significativo ( $p \geq .05$ )

	GL	GLR	F-crit	F	p
2	18	3.5546	2.3435	0.1246	

### MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

PC	1.46116 a
CM	1.40051 a
PD	1.34927 a

dms = 0.13209

MG = 1.40364 CV% = 6.90  
 Ponto médio = 1.45708

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.95354	0.39656	Sim

### DADOS

1.383749	1.332155	1.430285	1.470255	1.522969	1.408934	1.679768
1.510450	1.326898	1.275717	1.490978	1.234389	1.479809	1.485308
1.379831	1.377338	1.362596	1.284588	1.352587	1.310912	1.377021

### SIGLAS E ABREVIACÕES

FV = Fonte de variação; GL = Graus de liberdade; CV% = Coeficiente de variação em %; SQ = Soma de quadrado; QM = Quadrado médio; dms = Diferença mínima significativa; F = Estatística do teste F; MG = Média geral; PC = Preparo convencional; CM = Cultivo mínimo; PD = Plantio direto.

## ANEXO B – Análise estatística da densidade aparente na entrelinha

=====

ASSISTAT Versão 7.7 beta (2015) - Homepage <http://www.assistat.com>  
 Por Francisco de A. S. e Silva - UFCG-Brasil - Atualiz. 04/10/2015

=====

Arquivo Densidadeentrelinha.txt Data 02/11/2015 Hora 17:08:00

### EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO QUADRO DE ANÁLISE

	FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	2		0.01198	0.00599	4.2564 *
Resíduo		18	0.02533	0.00141	
Total		20	0.03731		

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ )

ns não significativo ( $p \geq .05$ )

	GL	GLR	F-crit	F	p
2	18	3.5546	4.2564	0.0306	

### MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	1.72325 a
2	1.68781 ab
3	1.66523 b

dms = 0.05118

MG = 1.69209 CV% = 2.22

Ponto médio = 1.71243

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.89802	0.03204	Não

### DADOS

1.676660	1.702094	1.797312	1.791929	1.707196	1.691399	1.696181
1.703362	1.640878	1.725857	1.702375	1.698061	1.668020	1.676079
1.641951	1.712853	1.627555	1.657997	1.701762	1.660425	1.654030

### SIGLAS E ABREVIACÕES

FV = Fonte de variação; GL = Graus de liberdade; CV% = Coeficiente de variação em %; SQ = Soma de quadrado; QM = Quadrado médio; dms = Diferença mínima significativa; F = Estatística do teste F; MG = Média geral; PC = Preparo convencional; CM = Cultivo mínimo; PD = Plantio direto.

## ANEXO C – Análise estatística da resistência à penetração média na linha com profundidade de 0 a 400 mm

=====

ASSISTAT Versão 7.7 beta (2015) - Homepage <http://www.assistat.com>  
 Por Francisco de A. S. e Silva - UFCG-Brasil - Atualiz. 04/10/2015

=====

Arquivo ressisist-penet-linha.txt Data 29/10/2015 Hora 11:38:45

### EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO QUADRO DE ANÁLISE

	FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	2	305969.90725	152984.95362	5.4292 *	
Resíduo	18	507203.81415	28177.98968		
Total	20	813173.72140			

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ )

ns não significativo ( $p \geq .05$ )

	GL	GLR	F-crit	F	p
2	18	3.5546	5.4292	0.0142	

### MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

-----

PCL	577.80890 a
CML	591.86790 a
PDL	329.07140 b

-----

dms = 229.04100

MG = 499.58274 CV% = 33.60

Ponto médio = 402.91250

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

-----

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.95387	0.40205	Sim

-----

### DADOS

-----

626.6750	587.4750	655.4000	469.5500	661.5875	437.9250	606.0500
340.3500	447.2250	705.7000	540.2000	736.1250	569.2750	804.2000
687.5750	322.1250	1.6250	221.6250	217.4750	341.1250	511.9500

-----

### SIGLAS E ABREVIACÕES

FV = Fonte de variação; GL = Graus de liberdade; CV% = Coeficiente de variação em %; SQ = Soma de quadrado; QM = Quadrado médio; dms = Diferença mínima significativa; F = Estatística do teste F; MG = Média geral; PC = Preparo convencional; CM = Cultivo mínimo; PD = Plantio direto.

## ANEXO D – Análise estatística da resistência à penetração média na entrelinha com profundidade de 0 a 400 mm

=====

ASSISTAT Versão 7.7 beta (2015) - Homepage <http://www.assistat.com>  
Por Francisco de A. S. e Silva - UFCG-Brasil - Atualiz. 04/10/2015

=====

Arquivo Ressistenciapenetracao-entrelinha.txt  
EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO  
QUADRO DE ANÁLISE

	FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	2	575144.13101	287572.06551	8.0573	**
Resíduo	18	642431.97764	35690.66542		
Total	20	1217576.10865			

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ )

ns não significativo ( $p \geq .05$ )

	GL	GLR	F-crit	F	p
2	18	6.0129	8.0573	0.0031	

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	847.14290 ab
2	1037.90000 a
3	632.75710 b

dms = 257.77190

MG = 839.26669 CV% = 22.51

Ponto médio = 920.09400

As médias seguidas pela mesma letra não diferem  
estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste  
de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.95480	0.41819	Sim

DADOS

1127.725 907.4 853.7875 742.7 715.7375 753.275 829.375  
1191.05 972.1 1237.875 1025.975 1355.938 484.25 998.1125  
662.7375 759.7 658.9625 703.625 564.75 561.075 518.45

SIGLAS E ABREVIACÕES

FV = Fonte de variação; GL = Graus de liberdade; CV% = Coeficiente de variação em %; SQ = Soma de quadrado; QM = Quadrado médio; dms = Diferença mínima significativa; F = Estatística do teste F; MG = Média geral; PC = Preparo convencional; CM = Cultivo mínimo; PD = Plantio direto.

MONTHLY CLIMATOLOGICAL SUMMARY for MAR. 2015												
NAME: clima CITY: Santa Cruz do Sul STATE: RS												
ELEV: 50 m LAT: 29° 42' 00" S LONG: 52° 24' 00" W												
TEMPERATURE (°C), RAIN (mm), WIND SPEED (km/hr)												
	MEAN					HEAT	COOL		AVG			
DAY	TEMP	HIGH	TIME	LOW	TIME	DEG DAYS	DEG DAYS	RAIN	WIND SPEED	HIGH	TIME	DOM DIR
1	24.1	30.3	16:30	18.1	6:00	0.0	5.8	0.0	4.5	27.4	17:30	E
2	26.2	31.9	15:30	22.3	4:30	0.0	7.9	0.2	2.4	24.1	11:00	WSW
3	26.7	33.6	14:30	21.8	5:30	0.0	8.3	0.8	2.6	35.4	16:00	W
4	25.9	31.9	15:00	22.6	6:30	0.0	7.6	0.4	1.9	32.2	17:30	WNW
5	26.6	31.9	17:00	22.8	4:00	0.0	8.3	0.0	4.0	27.4	20:30	NNW
6	25.6	29.3	15:30	22.2	00:00	0.0	7.3	0.0	7.1	25.7	20:30	E
7	23.7	28.4	17:00	20.6	6:30	0.0	5.4	0.0	6.4	24.1	10:00	E
8	24.8	30.9	15:30	17.8	5:30	0.0	6.5	0.0	5.6	24.1	15:30	E
9	26.1	31.6	14:30	23.2	6:00	0.0	7.8	1.4	6.1	24.1	13:00	E
10	24.3	28.4	15:30	20.0	00:00	0.0	6.0	9.4	5.8	30.6	16:00	E
11	23.8	30.7	15:30	18.3	3:30	0.0	5.5	0.2	2.9	19.3	12:00	E
12	23.7	29.2	16:00	18.4	6:00	0.0	5.1	0.0	2.7	22.5	16:30	NE
13	24.7	30.5	16:30	18.9	6:30	0.0	6.4	0.0	5.0	30.6	21:30	ENE
14	26.3	33.4	16:30	21.6	7:00	0.0	8.0	0.0	4.0	24.1	21:30	NE
15	25.9	31.8	16:00	22.4	00:00	0.0	7.6	16.0	2.6	33.8	16:30	NNW
16	25.4	31.0	16:00	21.5	7:00	0.0	7.1	0.0	4.7	25.7	18:30	E
17	23.8	29.5	16:30	18.3	6:00	0.0	5.5	0.0	6.0	29.0	21:30	E
18	23.9	29.8	16:30	18.2	7:00	0.0	5.6	0.0	6.4	25.7	11:30	E
19	24.7	31.1	15:30	18.6	7:00	0.0	6.4	0.0	5.6	24.1	20:00	E
20	25.3	34.1	16:30	18.6	7:00	0.0	7.0	3.8	1.6	25.7	20:00	ENE
21	23.2	27.4	14:00	19.9	00:00	0.0	4.9	0.2	4.3	25.7	15:00	E
22	19.3	24.2	16:00	13.7	7:00	0.8	1.8	0.0	2.4	20.9	14:30	W
23	20.6	26.3	15:30	14.3	7:00	0.9	3.2	0.0	3.7	25.7	21:30	E
24	23.4	29.1	16:00	19.2	5:00	0.0	5.1	0.0	2.9	16.1	15:00	E
25	25.6	32.6	15:30	19.6	5:30	0.0	7.2	5.6	2.7	19.3	13:00	NNW
26	20.8	23.3	0:30	17.8	00:00	0.0	2.5	14.6	1.8	17.7	23:00	NNW
27	20.2	24.0	17:30	17.6	1:00	0.2	2.0	0.2	1.4	14.5	22:30	NE
28	20.7	25.2	15:00	15.9	6:00	0.5	3.0	0.0	4.0	25.7	18:00	E
29	22.2	26.7	15:00	19.6	2:30	0.0	3.9	1.2	5.0	25.7	17:00	E
30	22.3	27.0	15:30	19.5	9:00	0.0	4.0	1.2	5.0	25.7	13:30	W
31	22.7	28.7	16:00	18.8	5:30	0.0	4.4	0.0	3.7	24.1	13:30	W
<hr/>												
	23.9	34.1	20	13.7	22	2.4	177.1	55.2	4.0	35.4	3	E
<hr/>												
Max >= 32.0: 4												
Max <= 0.0:												



## MONTHLY CLIMATOLOGICAL SUMMARY for APR. 2015

NAME: clima CITY: Santa Cruz do Sul STATE: RS  
 ELEV: 50 m LAT: 29° 42' 00" S LONG: 52° 24' 00" W

TEMPERATURE (°C), RAIN (mm), WIND SPEED (km/hr)

DAY	MEAN TEMP	HIGH	TIME	LOW	TIME	HEAT DEG DAYS	COOL DEG DAYS	RAIN	AVG WIND SPEED	HIGH	TIME	DOM DIR
1	22.1	29.0	16:30	17.2	7:30	0.1	3.9	0.0	1.9	17.7	15:30	NNW
2	21.6	30.3	16:30	14.0	7:00	0.9	4.2	0.0	1.9	16.1	13:30	NNW
3	23.5	32.2	16:00	15.3	7:00	0.5	5.7	0.0	1.3	17.7	16:00	SW
4	23.9	30.4	15:30	17.8	5:30	0.0	5.6	0.0	1.1	12.9	12:30	SW
5	20.1	23.0	0:30	18.3	23:30	0.0	1.8	48.0	1.1	19.3	0:30	ENE
6	19.9	25.2	16:30	15.4	23:30	0.4	2.0	1.0	3.9	29.0	16:30	E
7	18.3	24.2	16:00	12.1	7:00	1.7	1.8	0.0	2.9	25.7	14:30	E
8	19.6	26.9	16:00	12.7	5:30	1.6	2.8	0.0	2.3	17.7	12:30	ENE
9	22.1	29.3	16:00	15.8	7:00	0.5	4.2	0.0	1.8	17.7	15:00	NNW
10	22.3	30.1	17:00	15.9	6:30	0.3	4.3	0.0	1.0	14.5	13:00	SSE
11	22.2	30.6	16:00	15.8	7:00	0.5	4.3	0.2	1.1	14.5	14:00	SW
12	21.4	27.4	16:30	17.1	6:30	0.2	3.4	0.0	3.9	27.4	19:00	E
13	21.6	27.5	16:00	16.4	7:30	0.2	3.6	0.0	3.7	19.3	15:00	E
14	21.8	29.1	14:30	18.4	7:30	0.0	3.5	16.8	1.6	43.5	15:30	E
15	22.6	26.4	17:00	20.4	5:30	0.0	4.3	2.0	1.0	27.4	19:00	ENE
16	23.0	26.9	16:00	20.6	00:00	0.0	4.7	0.2	6.4	27.4	10:30	E
17	22.5	28.9	13:30	19.1	7:00	0.0	4.2	38.4	5.1	43.5	22:00	ENE
18	20.2	24.8	16:00	14.9	00:00	0.4	2.3	0.0	2.6	17.7	4:00	W
19	20.6	27.3	16:00	13.4	7:30	1.4	3.7	0.2	2.4	20.9	10:30	E
20	22.1	24.0	16:30	21.2	00:00	0.0	3.8	27.6	0.8	19.3	5:00	SW
21	21.4	25.6	15:00	17.1	00:00	0.0	3.1	0.0	4.7	29.0	15:30	E
22	18.9	22.9	13:30	14.7	7:30	1.0	1.6	0.0	4.2	27.4	11:00	E
23	19.8	22.8	16:30	17.6	6:30	0.1	1.7	0.0	3.9	22.5	13:00	E
24	20.7	25.7	17:00	18.2	4:00	0.0	2.3	0.0	1.4	22.5	20:30	SW
25	18.4	24.8	15:30	14.2	7:00	1.3	1.5	0.0	1.1	12.9	13:00	NE
26	19.2	26.6	15:00	13.3	5:00	1.5	2.4	0.2	1.3	14.5	15:00	NW
27	19.2	26.7	15:30	13.7	7:30	1.2	2.1	0.2	1.1	14.5	16:30	E
28	19.5	24.3	16:30	15.4	5:00	0.7	1.9	0.0	2.4	20.9	14:00	E
29	18.9	23.1	14:30	14.7	7:00	0.8	1.4	0.0	5.6	30.6	11:30	E
30	17.8	22.2	16:00	15.3	8:00	1.3	0.7	0.0	4.5	24.1	13:00	E
<hr/>												
	20.8	32.2	3	12.1	7	16.6	92.9	134.8	2.6	43.5	14	E

Max >= 32.0: 1

Max <= 0.0: 0

Min <= 0.0: 0

Min <= -18.0: 0

Max Rain: 48.01 ON 05/04/15

Days of Rain: 11 (> .2 mm) 5 (> 2 mm) 3 (> 20 mm)

Heat Base: 18.3 Cool Base: 18.3 Method: Integration

## MONTHLY CLIMATOLOGICAL SUMMARY for MAY. 2015

NAME: clima CITY: Santa Cruz do Sul STATE: RS  
 ELEV: 50 m LAT: 29° 42' 00" S LONG: 52° 24' 00" W

TEMPERATURE (°C), RAIN (mm), WIND SPEED (km/hr)

DAY	MEAN TEMP	HIGH	TIME	LOW	TIME	HEAT DEG DAYS	COOL DEG DAYS	RAIN	AVG WIND SPEED	HIGH	TIME	DOM DIR
1	17.8	23.7	15:30	13.1	2:30	1.7	1.1	0.0	2.3	20.9	21:30	E
2	18.3	21.7	13:30	15.3	7:00	0.8	0.8	11.4	3.4	38.6	23:30	NE
3	18.9	20.7	14:00	16.3	00:00	0.2	0.8	5.0	2.4	53.1	2:30	W
4	14.2	18.5	16:00	10.4	00:00	4.1	0.0	2.4	3.1	19.3	15:30	W
5	13.2	20.6	16:00	7.1	7:30	5.4	0.3	0.0	1.4	12.9	1:00	NNW
6	14.1	21.8	15:30	8.1	7:30	4.8	0.6	0.0	1.6	17.7	15:00	SW
7	13.8	19.3	14:30	8.3	7:30	4.6	0.1	0.2	3.1	24.1	13:00	E
8	15.1	19.7	15:00	9.9	7:30	3.4	0.2	0.0	3.2	22.5	11:00	E
9	18.1	25.3	14:00	11.4	6:30	2.2	2.0	0.2	0.6	11.3	12:30	ESE
10	19.3	22.3	13:30	16.9	00:00	0.2	1.2	11.6	3.2	17.7	9:30	E
11	16.6	19.9	16:00	13.6	00:00	1.9	0.1	13.4	2.4	24.1	10:00	E
12	16.3	21.6	16:00	12.5	7:30	2.5	0.5	0.2	2.4	24.1	11:30	ENE
13	16.9	23.2	15:30	11.2	6:00	2.4	1.0	0.0	2.9	29.0	12:30	E
14	18.6	25.4	16:00	13.2	7:30	1.5	1.8	0.2	1.3	14.5	11:30	E
15	20.3	25.9	16:30	16.0	6:00	0.5	2.5	0.0	1.4	14.5	17:00	E
16	19.7	23.2	14:00	17.0	7:30	0.3	1.7	0.4	0.6	12.9	18:00	E
17	20.4	25.9	15:30	16.9	6:30	0.2	2.3	0.0	2.3	17.7	11:00	E
18	19.9	25.7	14:00	16.5	2:00	0.3	1.9	0.2	1.8	17.7	14:30	ENE
19	20.6	25.6	14:30	17.3	00:00	0.0	2.4	0.0	2.9	19.3	13:30	E
20	20.9	26.7	15:30	16.2	7:00	0.4	3.0	0.2	2.1	17.7	19:00	ENE
21	21.9	28.7	15:00	15.6	6:00	0.5	4.1	0.2	0.5	12.9	20:00	E
22	23.2	30.4	15:00	16.9	6:30	0.2	5.1	0.0	1.3	17.7	21:00	NNW
23	24.0	30.7	13:30	19.3	7:00	0.0	5.7	10.2	3.4	38.6	13:30	WSW
24	20.4	21.9	0:30	19.1	22:30	0.0	2.2	3.8	3.1	20.9	12:30	E
25	20.1	22.3	12:00	18.1	7:00	0.0	1.8	0.0	4.5	22.5	10:00	E
26	18.9	20.4	13:30	17.8	4:00	0.1	0.7	49.6	5.0	30.6	18:00	E
27	17.2	18.9	0:30	14.7	23:30	1.1	0.0	75.8	9.0	38.6	7:00	E
28	15.5	17.2	14:00	14.2	00:00	2.8	0.0	10.0	4.0	27.4	2:00	W
29	13.6	14.2	0:30	12.8	2:30	1.6	0.0	0.2	0.2	6.4	8:00	WSW
30												
31												
-----												
	18.2	30.7	23	7.1	5	43.7	43.9	195.3	2.6	53.1	3	E

Max >= 32.0: 0

Max <= 0.0: 0

Min <= 0.0: 0

Min <= -18.0: 0

Max Rain: 75.79 ON 27/05/15

Days of Rain: 19 (> .2 mm) 10 (> 2 mm) 2 (> 20 mm)

Heat Base: 18.3 Cool Base: 18.3 Method: Integration

## MONTHLY CLIMATOLOGICAL SUMMARY for JUN. 2015

NAME: clima CITY: Santa Cruz do Sul STATE: RS  
 ELEV: 50 m LAT: 29° 42' 00" S LONG: 52° 24' 00" W

TEMPERATURE (°C), RAIN (mm), WIND SPEED (km/hr)

DAY	MEAN TEMP	HIGH	TIME	LOW	TIME	HEAT DEG DAYS	COOL DEG DAYS	RAIN	AVG WIND SPEED	HIGH	TIME	DOM DIR
1	13.2	19.4	15:00	8.2	6:30	5.2	0.1	0.4	1.1	14.5	16:00	E
2	14.4	22.4	16:00	9.0	7:30	4.4	0.5	0.4	1.0	14.5	13:00	NE
3	18.3	26.6	15:30	10.8	5:00	2.4	2.4	0.4	2.1	19.3	11:30	E
4	20.9	26.4	15:00	16.4	8:00	0.2	2.8	0.0	1.0	14.5	16:30	SE
5	19.7	23.7	15:00	16.6	5:00	0.3	1.7	1.0	2.6	32.2	23:00	ENE
6	22.3	28.8	14:30	15.5	7:30	0.4	4.4	0.2	2.9	25.7	14:30	NW
7	22.4	28.4	13:30	16.3	2:30	0.2	4.4	0.0	1.6	19.3	7:00	NNW
8	20.8	25.4	15:00	18.4	23:00	0.0	2.5	0.0	4.8	24.1	3:00	E
9	23.1	30.8	15:30	17.0	7:30	0.1	4.9	0.0	2.1	17.7	22:30	E
10	21.8	24.7	1:30	18.4	23:30	0.0	3.5	20.4	4.8	30.6	5:30	NNW
11	15.3	18.6	0:30	10.9	00:00	3.0	0.0	29.0	2.4	16.1	2:30	E
12	10.5	14.8	16:00	7.2	00:00	7.8	0.0	0.4	1.1	12.9	13:00	ENE
13	12.4	17.8	16:00	7.2	0:30	5.8	0.0	0.2	1.1	17.7	12:00	NNW
14	15.1	19.0	15:30	10.9	00:00	3.3	0.0	0.8	2.3	19.3	14:00	W
15	10.8	14.9	15:00	6.6	8:00	7.5	0.0	0.0	3.9	29.0	14:00	W
16	11.8	19.5	16:00	7.1	00:00	6.6	0.1	0.0	3.1	19.3	0:30	NNW
17	11.4	16.9	14:00	5.7	5:30	6.9	0.0	84.2	0.8	16.1	21:30	SSW
18	11.5	13.6	15:00	7.0	00:00	6.8	0.0	10.2	2.3	19.3	12:30	SSW
19	7.3	12.8	15:00	2.9	7:30	11.0	0.0	0.2	1.8	20.9	15:00	E
20	11.3	19.9	16:00	2.8	7:00	7.1	0.1	0.4	2.1	20.9	2:00	NE
21	16.0	20.7	13:00	12.4	4:00	2.6	0.3	0.6	0.0	6.4	13:00	SW
22	16.8	19.2	13:30	15.2	7:30	0.9	0.0	2.2	0.2	8.0	12:00	N
23												
24												
25												
26												
27	16.7	19.3	13:00	11.0	00:00	0.9	0.1	12.0	1.8	25.7	22:30	W
28	16.4	24.7	16:00	10.9	0:30	3.3	1.3	17.4	2.1	16.1	10:30	SE
29	17.9	21.8	15:00	14.6	7:30	1.1	0.7	16.4	1.1	20.9	00:00	E
30	16.9	17.8	9:30	16.3	6:00	0.5	0.0	7.2	2.7	22.5	0:30	N
<hr/>												
	16.0	30.8	9	2.8	20	88.2	29.9	204.0	2.0	32.2	5	NNW

Max >= 32.0: 0

Max <= 0.0: 0

Min <= 0.0: 0

Min <= -18.0: 0

Max Rain: 84.20 ON 17/06/15

Days of Rain: 20 (> .2 mm) 9 (> 2 mm) 3 (> 20 mm)

Heat Base: 18.3 Cool Base: 18.3 Method: Integration

## MONTHLY CLIMATOLOGICAL SUMMARY for JUL. 2015

NAME: clima CITY: Santa Cruz do Sul STATE: RS  
 ELEV: 50 m LAT: 29° 42' 00" S LONG: 52° 24' 00" W

TEMPERATURE (°C), RAIN (mm), WIND SPEED (km/hr)

DAY	MEAN TEMP	HIGH	TIME	LOW	TIME	HEAT DEG DAYS	COOL DEG DAYS	RAIN	AVG WIND SPEED	HIGH	TIME	DOM DIR
1	14.8	18.2	15:10	11.4	23:25	2.1	0.0	0.0	2.4	17.7	19:50	ENE
2	14.9	19.3	14:50	11.5	0:05	3.5	0.1	0.0	4.2	22.5	12:50	ENE
3	15.8	21.8	12:40	13.7	21:45	2.7	0.2	0.4	4.2	29.0	12:50	W
4	10.7	13.7	0:05	7.6	00:00	7.6	0.0	0.0	5.3	27.4	0:35	W
5	10.2	16.8	15:55	3.7	7:55	8.1	0.0	0.2	3.4	25.7	14:40	E
6	13.6	18.9	14:00	7.8	7:40	4.8	0.0	1.2	1.4	22.5	2:00	NE
7	15.1	16.2	14:25	14.0	2:40	3.2	0.0	20.8	1.1	30.6	6:20	ESE
8	14.8	15.9	16:10	14.1	6:15	3.5	0.0	45.6	0.5	24.1	16:05	ESE
9	15.6	18.1	13:05	14.1	5:10	2.7	0.0	23.2	2.1	16.1	5:30	W
10	16.3	19.9	12:35	11.9	7:50	2.3	0.3	0.2	1.9	22.5	20:30	E
11	17.1	22.0	15:25	13.3	7:20	2.0	0.8	0.0	1.3	14.5	12:35	ESE
12	18.8	23.4	16:30	15.2	4:15	1.0	1.5	4.6	3.4	25.7	14:40	E
13	18.7	21.6	20:55	17.7	6:00	0.1	0.5	57.0	6.1	49.9	5:45	ENE
14	14.4	18.2	0:35	11.8	20:05	3.9	0.0	46.0	3.2	24.1	3:40	WSW
15	11.6	12.1	14:00	10.8	18:30	6.8	0.0	0.0	2.4	19.3	9:25	ENE
16	12.7	14.3	14:55	11.1	7:35	5.6	0.0	1.8	2.3	19.3	10:20	E
17	14.8	18.1	16:15	13.6	0:05	3.5	0.0	6.8	1.6	17.7	12:55	WNW
18	15.4	20.7	15:35	10.8	7:40	3.2	0.4	1.2	3.1	20.9	23:10	ENE
19	19.2	26.9	14:10	16.2	0:25	0.7	1.5	5.4	4.8	45.1	4:30	E
20	15.5	17.7	8:05	12.4	20:20	2.8	0.0	80.6	4.8	27.4	2:20	W
21	12.1	14.6	15:10	10.3	20:20	6.3	0.0	0.4	2.7	17.7	0:35	W
22	12.7	17.1	12:45	9.4	3:15	5.6	0.0	0.0	2.6	20.9	9:55	E
23	12.8	15.6	11:35	8.6	4:15	5.5	0.0	1.2	1.8	20.9	9:35	E
24	14.8	18.2	12:35	12.2	1:55	3.4	0.0	4.2	0.6	11.3	17:55	W
25	16.6	20.4	13:35	12.9	00:00	2.0	0.2	0.2	3.1	25.7	14:55	ESE
26	15.3	18.7	13:45	10.9	2:50	3.0	0.0	0.2	0.5	9.7	22:40	NNE
27	17.0	21.9	12:45	13.1	22:40	1.9	0.6	0.2	1.6	16.1	6:50	E
28	18.4	25.9	13:50	12.3	5:05	1.8	1.9	0.2	1.8	17.7	12:25	E
29	19.6	25.5	13:30	14.9	1:45	0.8	2.0	0.2	1.0	14.5	13:10	ENE
30	21.6	27.9	10:20	15.2	5:30	0.6	3.9	0.0	3.4	24.1	17:05	ENE
31	22.8	29.2	11:45	15.7	4:35	0.3	4.8	0.2	4.2	29.0	18:10	NNW
	15.6	29.2	31	3.7	5	101.1	18.8	302.0	2.7	49.9	13	E

Max >= 32.0: 0

Max <= 0.0: 0

Min <= 0.0: 0

Min <= -18.0: 0

Max Rain: 80.59 ON 20/07/15

Days of Rain: 24 (> .2 mm) 10 (> 2 mm) 6 (> 20 mm)

Heat Base: 18.3 Cool Base: 18.3 Method: Integration

## MONTHLY CLIMATOLOGICAL SUMMARY for AUG. 2015

NAME: clima CITY: Santa Cruz do Sul STATE: RS  
 ELEV: 50 m LAT: 29° 42' 00" S LONG: 52° 24' 00" W

TEMPERATURE (°C), RAIN (mm), WIND SPEED (km/hr)

DAY	MEAN TEMP	HIGH	TIME	LOW	TIME	HEAT DEG DAYS	COOL DEG DAYS	RAIN	AVG WIND SPEED	HIGH	TIME	DOM DIR
1	19.5	23.8	13:15	15.9	5:05	0.5	1.7	0.0	4.3	29.0	7:40	E
2	24.4	30.0	13:00	15.4	3:20	0.3	6.4	0.0	5.3	32.2	8:00	NNW
3	23.2	25.9	10:40	18.1	00:00	0.0	4.4	10.6	8.5	37.0	15:50	NNW
4	17.7	19.2	13:15	15.9	22:05	0.7	0.1	14.6	5.0	38.6	9:35	E
5	18.3	20.7	16:20	16.3	2:25	0.6	0.6	19.2	5.1	29.0	7:20	ENE
6	24.3	31.7	15:55	17.6	1:05	0.2	6.2	0.0	6.1	30.6	12:15	ENE
7	25.6	29.9	10:25	19.8	7:30	0.0	3.4	0.0	8.5	37.0	9:20	ENE
8	30.0	34.7	14:50	23.2	22:50	0.0	7.0	0.0	5.3	27.4	12:55	NNW
9	25.9	32.3	15:20	19.7	3:05	0.0	7.7	0.0	4.8	29.0	14:10	NE
10	24.9	32.3	13:10	20.7	23:45	0.0	6.7	0.0	6.4	35.4	13:40	ENE
11	20.4	23.3	16:15	18.2	8:30	0.0	2.2	0.8	2.6	24.1	7:35	ENE
12	23.7	31.5	15:00	19.1	3:15	0.0	5.4	0.0	3.4	22.5	15:30	E
13	25.1	29.7	11:40	20.7	00:00	0.0	6.8	0.0	4.2	27.4	5:05	NNW
14	20.9	26.3	13:50	16.4	7:05	0.2	2.8	0.0	2.1	20.9	14:25	ENE
15	18.1	21.4	2:30	16.2	00:00	0.6	0.4	0.8	2.3	25.7	12:05	WSW
16	16.9	18.1	14:20	15.5	1:30	1.4	0.0	6.6	3.7	22.5	10:55	E
17	22.6	28.8	15:40	17.9	0:05	0.0	4.0	0.0	6.6	29.0	9:40	ENE
18	18.3	22.1	8:50	15.5	23:35	0.7	0.7	10.4	1.4	32.2	9:05	W
19	15.3	17.6	14:55	12.1	23:45	3.0	0.0	0.6	2.9	20.9	7:55	W
20	15.2	18.4	13:45	11.8	0:35	2.8	0.0	0.0	2.9	30.6	16:15	E
21	18.3	24.7	15:30	13.0	6:40	1.7	1.7	0.0	4.0	24.1	9:40	E
22	19.2	28.2	14:35	12.3	7:05	1.6	2.4	4.4	2.9	37.0	18:40	SW
23	17.6	21.6	15:45	11.0	23:50	1.4	0.7	0.4	3.4	24.1	14:05	W
24	13.8	17.9	16:15	10.8	7:15	4.5	0.0	0.0	4.7	29.0	14:45	ENE
25	18.0	23.8	15:45	13.6	1:30	1.7	1.4	0.0	4.7	24.1	9:50	ENE
26	16.8	18.9	18:55	14.7	7:10	1.3	0.0	42.4	4.5	37.0	15:10	ENE
27												
28												
29												
30	22.7	31.7	17:20	19.6	23:30	0.0	1.2	0.0	0.6	14.5	00:00	WSW
31	23.6	32.4	17:10	14.1	6:30	0.7	5.9	0.4	1.0	29.0	23:55	SSW
	20.7	34.7	8	10.8	24	24.1	79.9	111.2	4.2	38.6	4	ENE

Max >= 32.0: 4

Max <= 0.0: 0

Min <= 0.0: 0

Min <= -18.0: 0

Max Rain: 42.39 ON 26/08/15

Days of Rain: 12 (> .2 mm) 7 (> 2 mm) 1 (> 20 mm)

Heat Base: 18.3 Cool Base: 18.3 Method: Integration

## MONTHLY CLIMATOLOGICAL SUMMARY for SEP. 2015

NAME: clima CITY: Santa Cruz do Sul STATE: RS  
 ELEV: 50 m LAT: 29° 42' 00" S LONG: 52° 24' 00" W

TEMPERATURE (°C), RAIN (mm), WIND SPEED (km/hr)

DAY	MEAN TEMP	HIGH	TIME	LOW	TIME	HEAT DEG DAYS	COOL DEG DAYS	RAIN	AVG WIND SPEED	HIGH	TIME	DOM DIR
1	17.4	22.8	0:05	13.2	00:00	1.3	0.5	0.4	8.2	27.4	10:10	ESE
2	15.8	21.5	15:10	9.6	6:25	3.1	0.6	0.2	5.3	33.8	10:45	ENE
3	17.1	22.8	15:55	13.7	7:30	1.9	0.8	0.0	2.3	29.0	20:05	E
4	17.1	21.3	16:15	13.1	23:55	1.7	0.5	0.0	5.1	22.5	12:10	E
5	15.6	20.7	15:20	12.4	0:45	3.0	0.3	0.0	3.1	29.0	18:15	ESE
6	14.7	19.8	17:05	11.4	6:50	3.7	0.1	0.0	1.9	16.1	13:20	W
7	16.1	23.0	16:05	8.4	6:00	3.2	1.0	0.2	3.4	40.2	23:15	E
8	17.1	23.1	16:55	12.7	7:05	2.1	0.9	0.0	2.1	17.7	14:50	SW
9	18.2	25.1	16:00	11.3	6:45	2.1	2.1	0.2	3.5	27.4	20:35	ENE
10	16.4	21.7	9:55	13.3	7:10	2.1	0.2	2.8	2.4	30.6	10:00	SW
11	13.2	17.6	15:10	7.3	00:00	5.1	0.0	0.6	6.1	32.2	13:25	W
12	10.2	16.7	16:25	3.8	5:20	8.1	0.0	0.0	4.7	27.4	23:10	W
13	14.8	22.4	16:20	8.3	6:45	4.4	0.9	0.0	5.3	24.1	0:05	N
14	18.1	25.8	15:45	9.1	6:35	2.5	2.3	0.0	4.7	20.9	20:35	ENE
15	20.3	30.5	15:40	8.7	6:05	2.7	4.7	0.0	3.5	24.1	13:55	NE
16	19.9	27.8	8:55	16.1	00:00	0.5	2.1	11.0	3.4	30.6	8:30	E
17	16.7	18.4	16:20	14.9	4:45	1.6	0.0	60.8	3.7	32.2	4:50	E
18	17.6	19.1	12:05	16.6	7:15	0.8	0.1	5.0	3.1	24.1	11:25	ESE
19	17.7	18.7	18:40	16.8	4:40	0.7	0.0	40.8	2.9	43.5	18:20	ESE
20	17.8	18.7	19:35	16.6	6:30	0.6	0.1	23.2	3.5	40.2	14:15	E
21	19.6	21.6	14:00	18.1	2:35	0.0	1.3	15.8	5.5	41.8	11:20	ENE
22	20.6	24.4	16:35	18.9	5:35	0.0	2.2	40.4	4.8	38.6	13:45	ENE
23	20.3	22.4	17:00	16.9	6:30	0.1	2.1	0.0	4.7	27.4	13:40	E
24	21.9	25.9	15:55	19.5	3:55	0.0	3.6	23.8	4.5	38.6	12:35	ENE
25	20.3	23.1	13:05	17.8	23:35	0.0	2.1	0.2	4.7	33.8	21:35	W
26	17.9	19.4	15:05	17.0	7:05	0.5	0.1	0.0	2.3	19.3	2:05	ESE
27	18.9	22.0	14:35	16.8	7:25	0.4	1.0	0.0	2.4	16.1	9:55	SW
28	17.8	23.3	16:35	12.1	6:40	1.8	1.3	0.0	1.9	16.1	14:25	SE
29	19.4	26.4	15:20	12.9	4:50	1.7	2.8	0.0	2.1	16.1	12:50	SSW
30	17.5	22.9	15:35	12.6	5:20	2.0	1.1	0.0	4.7	29.0	20:25	E
<hr/>												
	17.5	30.5	15	3.8	12	57.6	34.7	225.4	3.9	43.5	19	E

Max >= 32.0: 0

Max <= 0.0: 0

Min <= 0.0: 0

Min <= -18.0: 0

Max Rain: 60.81 ON 17/09/15

Days of Rain: 15 (> .2 mm) 9 (> 2 mm) 5 (> 20 mm)

Heat Base: 18.3 Cool Base: 18.3 Method: Integration



MONTHLY CLIMATOLOGICAL SUMMARY for OCT. 2015												
NAME: clima CITY: Santa Cruz do Sul STATE: RS												
ELEV: 50 m LAT: 29° 42' 00" S LONG: 52° 24' 00" W												
TEMPERATURE (°C), RAIN (mm), WIND SPEED (km/hr)												
DAY	MEAN TEMP	HIGH	TIME	LOW	TIME	HEAT DEG DAYS	COOL DEG DAYS	RAIN	AVG WIND SPEED	HIGH	TIME	DOM DIR
1	17.9	24.0	15:55	13.4	2:55	1.9	1.4	0.0	5.5	24.1	16:10	E
2	19.9	24.4	8:35	17.3	5:25	0.2	1.8	20.2	3.2	27.4	15:55	W
3	15.4	19.0	0:05	11.8	00:00	2.9	0.0	0.0	3.9	19.3	11:30	WSW
4	14.0	20.3	16:30	7.6	6:15	4.5	0.2	0.0	2.9	25.7	21:40	ENE
5	16.7	22.5	15:35	11.1	4:30	2.6	1.0	0.0	5.8	32.2	9:15	E
6	21.9	28.5	15:25	15.7	2:55	0.8	4.3	0.6	7.2	32.2	16:55	ENE
7	20.8	24.4	0:05	19.3	22:25	0.0	2.5	128.6	6.1	54.7	00:00	ENE
8	19.8	21.6	1:10	18.5	23:25	0.0	1.5	71.2	7.7	41.8	6:25	NE
9	16.8	19.1	1:50	14.8	22:50	1.5	0.0	35.0	2.9	30.6	15:05	SE
10	15.9	17.6	15:35	14.5	6:30	2.4	0.0	27.0	5.1	30.6	15:50	ESE
11	16.2	17.7	15:25	14.9	6:40	2.1	0.0	26.6	2.4	22.5	0:50	SW
12	16.6	20.6	14:30	14.6	5:50	2.0	0.3	1.0	4.5	29.0	14:35	W
13	17.1	22.9	15:00	11.1	5:25	2.3	1.1	0.2	5.5	30.6	15:30	E
14	20.6	27.7	14:15	15.3	5:45	0.8	3.1	30.6	6.8	43.5	22:25	ENE
15	20.6	23.4	18:05	18.2	00:00	0.0	2.3	49.8	4.3	51.5	6:40	NNW
16	18.4	22.2	16:40	14.2	5:55	0.8	0.9	0.0	3.7	35.4	21:45	SW
17	15.7	17.8	17:00	12.3	00:00	2.6	0.0	0.2	4.5	24.1	20:35	E
18	14.6	20.2	15:40	8.2	5:55	4.0	0.2	0.0	6.1	29.0	13:30	E
19	18.7	24.8	15:50	13.1	5:05	1.7	2.1	0.0	4.3	22.5	10:10	E
20	24.2	30.1	16:15	18.7	3:45	0.0	5.9	0.0	4.0	27.4	0:30	ENE
21	19.3	24.1	0:05	16.1	23:10	0.5	1.5	53.4	7.2	43.5	22:15	E
22	18.8	22.9	15:15	15.6	3:15	0.9	1.3	0.0	1.8	19.3	14:50	E
23	20.8	26.1	15:55	17.1	23:55	0.1	2.6	0.2	5.5	33.8	21:15	E
24	17.4	21.0	13:45	14.5	22:50	1.4	0.5	0.0	7.4	37.0	15:45	E
25	16.8	20.3	15:00	13.1	5:35	1.9	0.4	0.0	3.7	22.5	10:05	ENE
26	21.4	26.3	14:10	15.9	1:35	0.5	3.6	0.0	1.6	17.7	10:45	ENE
27	22.4	27.0	17:30	19.6	5:55	0.0	4.1	0.0	2.6	19.3	22:35	SW
28	22.4	27.1	16:35	19.8	4:30	0.0	4.1	0.0	3.7	22.5	18:35	E
29	25.8	33.8	15:40	17.9	4:50	0.0	7.5	0.0	6.9	37.0	21:00	ENE
30	25.4	29.9	13:20	20.9	5:35	0.0	7.1	5.2	3.4	25.7	19:25	ENE
31	20.3	22.3	15:25	18.1	23:55	0.0	2.0	1.2	4.5	25.7	19:25	ESE
	19.1	33.8	29	7.6	4	38.2	63.5	451.0	4.7	54.7	7	E
Max >= 32.0: 1												
Max <= 0.0: 0												
Min <= 0.0: 0												
Min <= -18.0: 0												
Max Rain: 128.60 ON 07/10/15												
Days of Rain: 16 (> .2 mm) 10 (> 2 mm) 9 (> 20 mm)												
Heat Base: 18.3 Cool Base: 18.3 Method: Integration												

Fonte: Estação meteorológica da UNISC\* – RS, 2015.

\* A estação meteorológica da UNISC encontra-se distante aproximadamente 60 km do local dos ensaios.