

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
FARROUPILHA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**DISPONIBILIDADE DE ÁGUA EM SOLOS DE ALEGRETE SOB DIFERENTES
USOS E MANEJOS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Ingrid da Silva Ayres

Alegrete, 2018

**DISPONIBILIDADE DE ÁGUA EM SOLOS DE ALEGRETE SOB
DIFERENTES USOS E MANEJOS**

Ingrid da Silva Ayres

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Agrícola, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha (IF Farroupilha) e da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), como requisito parcial para obtenção do grau de
Bacharela em Engenharia Agrícola

Orientador: Prof.^a Dra. Eracilda Fontanela

Coorientador: Eng. Agrícola Giulian Rubira Gautério

Alegrete, RS, Brasil.

2018

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha
Universidade Federal do Pampa
Curso de Engenharia Agrícola

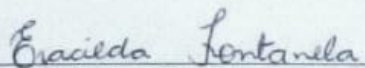
A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o Trabalho de
Conclusão de Curso

**DISPONIBILIDADE DE ÁGUA EM SOLOS DE ALEGRETE SOB
DIFERENTES USOS E MANEJOS**

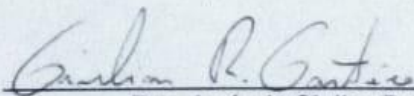
Elaborada por
Ingrid da Silva Ayres

Como requisito parcial para a obtenção de grau de
Bacharel em Engenharia Agrícola

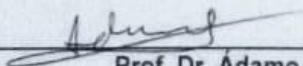
COMISSÃO EXAMINADORA



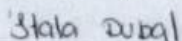
Prof.^a Dra. Eracilda Fontanela
(Orientadora – Unipampa)



Eng. Agrícola Giulian Rubira Gautério
(Coorientador- Unipampa)



Prof. Dr. Ádamo de Sousa Araújo
(Unipampa)



Prof.^a Me. Itala Thaisa Padilha Dubal
(Unipampa)

Alegrete, 29 de junho de 2018

Resumo

Trabalho de Conclusão de Curso
Curso de Engenharia Agrícola
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha
Universidade Federal do Pampa

DISPONIBILIDADE DE ÁGUA EM SOLOS DE ALEGRETE SOB DIFERENTES USOS E MANEJOS

AUTORA: INGRID DA SILVA AYRES

ORIENTADORA: ERACILDA FONTANELA

Alegrete, 29 de junho de 2018

A agricultura cada vez mais está expandindo suas áreas de produção, para isso investe em constantes práticas de manejo inovadoras para facilitar o cultivo e aumentar a produção. Porém essa abrasiva exploração provoca danos na estrutura do solo quando mal manejado. Para começar a planejar boas práticas conservacionistas é necessário analisar o solo quanto sua estrutura física e química para assim poder adotar métodos adequados. A água é uma das principais fontes que o solo deve proporcionar as plantas, e conforme sua estrutura ele facilitara ou impedira a sua disponibilidade. Visando estes parâmetros o trabalho tem como objetivo analisar os atributos físicos do solo em diferentes usos e manejos no município de Alegrete- RS. A campo foram coletadas amostras de seis tipos de manejo de solo explorados no município, em duas camadas de solo sendo a primeira 0-10 cm e a segunda 10-20 cm, foi considerada a umidade solo para realizar os cálculos de textura, foi também avaliada a densidade do solo, densidade de partículas e a porosidade do solo. Em relação ao teor de umidade do solo, essa está atrelada ao material orgânico residual das culturas, que atua como protetor do solo e diminui a inserção direta da radiação solar e conseqüentemente a evaporação da água presente no solo. A densidade de partículas está atrelada à textura do solo. Solos argilosos tem maior capacidade de retenção e disponibilidade de água para as plantas. A maior parte dos solos analisados indica que o manejo não está sendo adequado para manter um solo produtivo, pois a densidade ficou no limite pré-determinado como crítico e com restrições no volume de poros. A compactação do solo é um dos fatores que diminuem a produtividade das lavouras e conseqüentemente o lucro do produtor. O sistema de plantio direto melhora as condições estruturais do solo, com maior porosidade e menor densidade do solo.

Palavras chave: Água no solo, textura e manejo de solo.

Abstract

Work of Conclusion Course

Agricultural Engineering Course

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha
Universidade Federal do Pampa

WATER AVAILABILITY IN ALEGRETE SOIL UNDER DIFFERENT USES AND MANagements

AUTHOR: INGRID DA SILVA AYRES

ADVISOR: ERACILDA FONTANELA

Alegrete, 29 de junho de 2018.

More and more agriculture is expanding its production areas, so it invests in constant innovative management practices to facilitate cultivation and increase production. However this abrasive exploration causes damage to the soil structure when poorly managed. To begin planning good conservation practices it is necessary to analyze the soil as to its physical and chemical structure in order to be able to adopt appropriate methods. Water is one of the main sources that the soil must provide the plants, and according to its structure it facilitated or prevented its availability. Aiming at these parameters, the objective of this work is to analyze the physical attributes of the soil in different uses and management in the city of Alegrete - RS. The field samples were collected from six types of soil management operated in the municipality, in two layers of soil, the first 0-10 cm and the second 10-20 cm, soil moisture was considered to perform the texture calculations, it was also soil density, particle density and soil porosity were evaluated. In relation to the soil moisture content, this is linked to the residual organic matter of the crops, which acts as a soil protector and decreases the direct insertion of the solar radiation and consequently the evaporation of the water present in the soil. The density of particles is tied to the soil texture. Clay soils have greater retention capacity and water availability for plants. Most of the analyzed soils indicate that the management is not being adequate to maintain a productive soil, because the density was in the limit predetermined as critical and with restrictions in the volume of pores. Soil compaction is one of the factors that diminishes the productivity of crops and consequently the profit of the producer. The no-tillage system improves soil structural conditions, with higher porosity and lower soil density.

Keywords: Water in soil, texture and soil management;

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fatores que interferem na disponibilidade de água no contexto de sistema agrícola. AD: umidade na capacidade de campo menos a umidade no ponto de murcha permanente; FAD: umidade na capacidade de campo menos a umidade crítica de extração de água pela planta. .	12
Figura 2: Principais formas de estrutura do solo..	15
Figura 3: Localização dos pontos georreferenciados com delimitação dos locais de coletas de solos no Distrito de Passo Novo - Alegrete/RS..	17
Figura 4: Localização dos pontos georreferenciados com delimitação dos locais de coletas de solos no Distrito de Passo Novo - Alegrete/RS..	18
Figura 5 - Coleta de solo na camada superficial em área cultivada com soja na várzea – Subdistrito Passo Novo – Alegrete/RS..	19
Figura 6 - Coleta de solo na camada subsuperficial em área de soja – Subdistrito Passo Novo – Alegrete/RS..	19
Figura 7 – Detalhe da área de cultivo de milho – Subdistrito Passo Novo – Alegrete/RS..	20
Figura 8 - Coleta de solo na camada subsuperficial em área de arroz irrigado – Subdistrito Passo Novo – Alegrete/RS..	20
Figura 9 - Coleta de amostra de solo em lavoura de soja com sistema de plantio direto consolidado – Subdistrito de Rincão de São Miguel – Alegrete/RS..	21
Figura 10 - Coleta de amostras de solo em lavoura de arroz irrigado. Subdistrito de Rincão de São Miguel.	21
Figura 11: Disposição dos anéis para coletas de solo na camada superficial (A) e na camada inferior (B).....	22
Figura 12- Preparo da amostra coletada: (A) retirada do excesso de solo do entorno e (B) envolvimento da amostra de solo com plástico filme.	23
Figura 13: Amostras de solo para determinação do teor de água no solo. UNIPAMPA – Campus Alegrete.	24
Figura 14: Preparo da solução de NaOH para determinação da granulometria do solo. UNIPAMPA – Campus Alegrete.	25
Figura 15: Preparo da solução de NaOH para determinação da granulometria do solo. Unipampa – Campus Alegrete.	26
Figura 16: Equipamento de agitação das amostras para determinação da granulometria do solo. UNIPAMPA – Campus Alegrete.	26
Figura 17: Amostras de solo em decantação para determinação da granulometria do solo. UNIPAMPA – Campus Alegrete.	27
Figura 18: Amostras de solo em decantação para determinação da granulometria do solo. Unipampa – Campus Alegrete.	29
Figura 19: Triângulo textural utilizado para determinação da textura do solo.....	32

Figura 20 – Determinação da densidade de partículas do solo.	34
Figura 21: Percentuais de areia, silte e argila dos solos pelo método do densímetro.....	37
Figura 22: Percentuais de areia, silte e argila dos solos pelo método da pipeta.....	39
Figura 23: Percentuais de areia (grossa e fina), silte e argila dos solos pelo método da pipeta.	40
Figura 24: (A) Capacidade de água disponível (mm) e (B) triângulo textural dos solos.	41
Figura 25: Densidade do solo (g.cm^{-3}) para os diferentes usos e camadas dos solos.	42
Figura 26: Densidade de partículas (g.cm^{-3}) para os diferentes usos e camadas dos solos.	44
Figura 27: Volume total de poros (%) para os diferentes usos e camadas de solos.	45

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 OBJETIVO	10
2.1 Objetivo geral	10
2.2 Objetivos específicos	10
3 REVISÃO DE LITERATURA	11
3.1 Água no solo	11
3.1.1 Disponibilidade de água no solo	11
3.2 Classes de solos	13
3.3 Atributos do solo	14
3.4 Usos e manejos do solo	15
4 MATERIAL E MÉTODOS	17
4.1 Coleta de amostras de solo	17
4.2 Ensaios de Laboratório	23
4.2.1 Teor de umidade do solo	23
4.2.2 Análise Granulométrica	24
4.2.3 Densidade do solo	32
4.2.4 Densidade de partículas	33
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	35
5.1 Teores de umidade do solo	35
5.2 Análise granulométrica	36
5.2.1 Método do Densímetro	36
5.2.2 Método da Pipeta	38
5.3 Densidade do solo	41
5.4 Densidade de partículas	44
5.5 Porosidade	45
6 CONCLUSÃO	47
REFERÊNCIAS	48

1 INTRODUÇÃO

O aumento contínuo e expressivo da produção de alimentos tem ocorrido tanto pelo alto rendimento de cultivares, quanto pelo aumento da área cultivada. Este processo pode ameaçar os recursos naturais, pela degradação de solos, além da poluição da água e solo quando estes são mal manejados.

A água é um recurso natural indispensável para a produção de alimentos. Ela está presente em todos os processos de desenvolvimento vegetal, embora seja mais necessária em alguns estádios vegetativos. Para que a planta consiga absorver a demanda necessária de água, o solo precisa apresentar boa estruturação, de forma que o processo de aeração do solo esteja adequado para absorver os nutrientes e se desenvolver.

Um solo com aeração adequada propicia um armazenamento de água por um maior período de tempo, pode assim disponibilizá-la para as plantas em períodos de deficiência hídrica. Para podermos analisar a qualidade do solo que estamos trabalhando e se o manejo está sendo eficiente se faz necessário conhecer e entender algumas propriedades físico-hídricas do solo, tais como, granulometria, porosidade, densidade do solo, densidade de partícula, pois essas são de fundamental importância para o estudo dos processos físicos envolvidos no sistema solo-água.

A textura indica quais os índices de argila, areia e silte o solo possui, e que tipo de solo está cultivando, assim propicia saber quais os recursos e correções podem-se utilizar para tornar nossos solos mais férteis e conseqüentemente melhorar sua estrutura. Textura é um dos principais índices que determina a área de contato entre as partículas do solo e a água.

A estrutura do solo também é de suma importância, pois determina como estão distribuídos os macro e micro poros do solo, sua influência direta na aeração e, conseqüentemente, na densidade do solo.

Os parâmetros do solo são influenciados pelo manejo do solo. Solos bem manejados possuem características peculiares que favorecem o desenvolvimento radicular e um estande de plantas mais uniforme, pode armazenar uma quantidade maior de água no solo para suprir as plantas, em caso de escassez hídrica, quando comparado com um solo mal manejado.

Com o objetivo de analisar esses parâmetros em solos do município de Alegrete foi realizado este trabalho para avaliar os efeitos de sistemas de manejo e uso nos atributos físicos do solo.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo geral

Analisar os atributos físicos do solo em diferentes usos e manejos no município de Alegrete-RS.

2.2 Objetivos específicos

- i. Analisar a influência da textura do solo quanto a capacidade de armazenar e disponibilizar água para as plantas.
- ii. Fazer inferência da disponibilidade de água no solo conforme o manejo adotado.
- iii. Fazer recomendações de estratégias de manejo para uso recomendado de áreas agrícolas.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Água no solo

O solo é o reservatório de água para as plantas. Este é composto pelo espaço poroso ou poros do solo, que é onde se encontra a solução aquosa denominada de água no solo e a solução gasosa designada de ar no solo, também composto pela parte sólida onde estão presentes os minerais e matéria orgânica (LIBARDI, 2010).

A atividade de água no solo é um processo constante que controla a locomoção dos elementos químicos que interferem nos processos de desenvolvimento dos solos, na oferta de nutrientes e no aporte hídrico às culturas (NETTO et al., 2000).

Este movimento da água no solo pode ser caracterizado pela taxa de infiltração e pela condutividade de água - parâmetro este que representa a facilidade que o fluido tem para percolar através solo. (WANG et al., 1998).

3.1.1 Disponibilidade de água no solo

A quantidade de água disponível para as plantas, em áreas que não são irrigadas, é dependente de fatores como a capacidade do solo em reter e disponibilizar a água para as plantas e de uma distribuição adequada das chuvas ao longo do ciclo da cultura.

A disponibilidade de água também pode ser aumentada por práticas que diminuem as perdas da água do solo para a atmosfera. A presença de resíduos vegetais na superfície pode reduzir o aquecimento do solo e as perdas de água por evaporação. (BESCANSÁ et al., 2006).

As atividades de manejo alteram a sua estrutura, a qual determina a funcionalidade do solo para os diversos fenômenos que nele ocorrem. Em sistema de semeadura direta, alterações na estrutura do solo são de difícil correção, uma vez que o solo não é mobilizado nos cultivos subsequentes (DORAN; PARKIN, 1994).

Tanto o tráfego de máquinas agrícolas como o pisoteio animal alteram as características estruturais do solo e podem comprometer a infiltração e o armazenamento da água no solo (HANZA; ANDERSON, 2005; DREWRY, 2006). Em áreas de integração lavoura-pecuária, o aumento da frequência de pisoteio bovino altera negativamente a taxa inicial de infiltração de água e a lâmina infiltrada acumulada (LANZANOVA et al., 2007).

Desse modo, a quantidade de água no solo, que efetivamente será armazenada e posteriormente disponibilizada para as plantas depende de vários fatores (Figura 1).

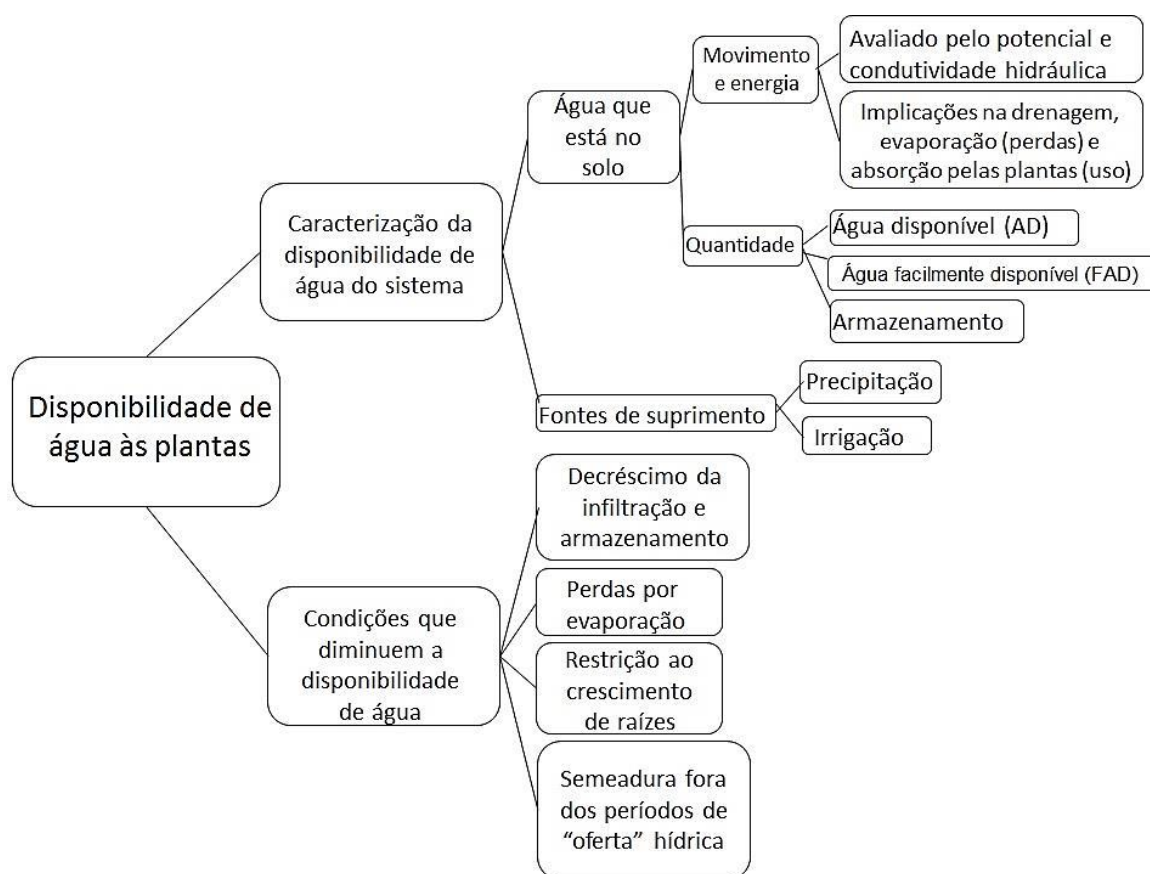


Figura 1: Fatores que interferem na disponibilidade de água no contexto de sistema agrícola. AD: umidade na capacidade de campo menos a umidade no ponto de murcha permanente; FAD: umidade na capacidade de campo menos a umidade crítica de extração de água pela planta. Fonte Ritchie; Jordan (1972).

3.2 Classes de solos

Segundo a Embrapa (2006), solo é um conjunto de partículas líquidas, gasosas e sólidas, formada por materiais minerais e orgânicos, presente na superfície da terra, com a finalidade de auxiliar no desenvolvimento da terra. Sua composição foi determinada por inúmeros fatores ambientais que atuam diretamente no material de origem. O solo pode apresentar horizontes definidos ou, após se fundir com os demais, ser indefinido.

Os principais horizontes são o *horizonte A*, que se caracteriza como a camada mais superior do solo. Inclui-se neste horizonte a camada de cobertura vegetal. No *horizonte B*, os teores de argila são bastante elevados quando comparados com o A e o C, uma vez que o horizonte em questão tem a característica de ser transitório. Enquanto o *horizonte C* localiza-se na camada mais profunda do solo, normalmente constituído do material de origem (NUTRIÇÃO DE SAFRAS, 2015).

Com a presença, ou ausência, de diferentes horizontes, possibilitou os autores Dos Santos e Sampaio (2016) a classificarem os solos brasileiros em treze diferentes classes. São eles: Argissolos, Cambissolos, Chernossolos, Espodossolos, Gleissolos, Latossolos, Luvissolos, Neossolos, Nitossolos, Organossolos, Planossolos, Plintissolos e Vertissolos. Em Alegrete há predominância de Argissolos, Chernossolos, Gleissolos, Latossolos, Neossolos, Planossolos e Vertissolos. (ANEXO 1).

Os Argissolos caracterizam-se por ser bastante desenvolvidos, geralmente profundos ou rasos. Os Chernossolos possuem altos teores de argila de alta atividade e alta saturação por bases, podendo ou não haver a acumulação de carbonatos de cálcio. Os Latossolos são solos argilosos e com elevado grau de agregação, apresentando elevada retenção de água, boa densidade e drenagem. Os Neossolos são solos pouco desenvolvidos e apresentam limitações ao uso agrícola, principalmente devido a sua pedregosidade e textura arenosa. A classe dos Planossolos compreende a faixa dos solos com infiltração muito baixa, textura leve e de grande contraste com o horizonte B. Ocorrem em áreas de relevo plano ou levemente ondulado, com vigência de cheias ou estiagens severas. Os Vertissolos possuem coloração cinza escuro ou preto, comumente estão

presentes em áreas de várzeas, e quando secos, apresentam grande quantidade de rachaduras (EMBRAPA, 2005; 2006).

3.3 Atributos do solo

Os processos pedogenéticos conferem ao solo os mais diversos atributos. Estes podem fazer referência aos processos físicos, químicos, morfológicos e mineralógicos. A partir da análise destes, podem ser produzidos mapas pedológicos, transformados posteriormente em mapas de uso dos solos, que fornecem informações importantes, tanto para o uso agrícola, quanto para zoneamentos agroambientais (EMBRAPA, 1999; OLIVEIRA, 2005).

Dentre os atributos considerados no processo de compactação do solo, a textura do mesmo é um fator determinante. Solos onde a composição predominante é de argila, silte e areia, com diferentes tamanhos de partículas, o processo de compactação é mais acentuado. Isto ocorre devido ao rearranjo das partículas, que por possuírem diferentes tamanhos, preenchem os vazios e causam este efeito (MANTOVANI, 1986).

O solo estrutura-se a partir da disposição dos agregados (ABREU & MARCANTE, 2015). Aos olhos do produtor, a estrutura é mais importante que sua textura, uma vez que a estrutura pode ser modificada e adaptada à necessidade de uso, além de ser essencial na movimentação da água no solo. Assim, esta pode apresentar as mais diversas formas (Figura 2). A forma do solo define o tipo de estrutura, tais como: laminar, prismática, blocos e granular. A estrutura está relacionada à aeração, densidade, resistência mecânica, infiltração de água, drenagem do perfil.



Figura 2: Principais formas de estrutura do solo. Fonte: Nutrição e safras (2015).

A coloração do solo está diretamente relacionada com a capacidade de drenagem do mesmo. Para Lepsch (2002), a cor é a característica mais notada nos solos. Barrón et al. (2000), afirmam que a cor é a característica obrigatória na descrição morfológica dos perfis de solo. Um exemplo da relação cor e drenagem da água são os solos vermelhos, conhecidos como solos de excelente drenagem, bem como os solos escuros com drenagem variável e os solos cinzas com drenagem pobre.

3.4 Usos e manejos do solo

Quando se trata de desenvolvimento sustentável na produção agropecuária, um dos assuntos mais importantes está relacionado com o uso e manejo do solo com agricultura tradicional, com preparo contínuo do solo e uso extensivo de pastagens degradadas (MACEDO, 2009). Dentre os elementos do manejo, o preparo do solo pode ser considerado a prática mais influente na indicação da qualidade física do solo, pois está diretamente ligada a estruturação do mesmo (HAMZA; ANDERSON, 2005).

Normalmente, as diferenças de cultivo fazem com que a densidade do solo seja mais elevada, especialmente nos primeiros anos de implantação do sistema plantio direto (SPD) em relação ao sistema de cultivo convencional (SCC). O

aumento, de densidade do solo, mais considerável é dado próximo à superfície, até cerca de 0,20 m de profundidade (STONE & SILVEIRA, 2001).

A utilização de implementos tais como o arado e grade, resolve o problema da compactação do solo nas camadas superficiais; porém, na maioria dos casos, a transfere para camadas mais profundas. A utilização dessas máquinas, quase sempre à mesma profundidade de preparo do solo e por diversos anos consecutivos, contribui para o surgimento das camadas compactadas logo abaixo da linha de ação das mesmas, conhecida pé de arado ou pé de grade (LANÇA, 2002).

A correção dos componentes químicos do solo ocorre com frequência no SCC e exige que o mesmo seja revolvido, o que acarreta na modificação da estrutura do mesmo. Isto leva o solo a se tornar suscetível à ocorrência de erosão, visto que a porosidade é reduzida e os caminhos resultantes do crescimento radicular das plantas são parcialmente destruídos, dificulta a infiltração da água e aumenta o escoamento superficial (CFS RS/SC, 1995).

Já em locais onde é utilizado o SPD, o revolvimento das camadas do solo é quase nula, sendo feita apenas pelo uso das linhas da semeadora, utilizada tanto para a calagem do mesmo quanto para a implantação de culturas (CAIRES et al.1998; AMARAL, 1998). Em solos onde a pastagem natural predomina, a acidez do solo é muito elevada e a presença de manganês e alumínio é elevada, dificulta o crescimento das plantas. Locais com essa característica são largamente utilizados para a criação de gado, porém o pisoteio dos animais eleva as chances de compactação do mesmo (RHEINHEIMER et al., 2000).

A produção e a manutenção dos resíduos na superfície do solo constituem práticas fundamentais para preservar a água no solo, o que reduz o tempo para a ocorrência de deficiência hídrica em sistema plantio direto (SILLON et Al., 2003). Assim, a adoção de estratégias de manejo que mantenham a proteção do solo pelo constante aporte de resíduos orgânicos é fundamental para manutenção e melhoria da estrutura do solo.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do estudo, foram coletados solos em diferentes pontos no município de Alegrete/RS., Os locais de coletas de solos foram escolhidos segundo o mapa de classes de solos do município de Alegrete (ANEXO 1) e foram classificados como Argissolos, Latossolos, Neossolos, além de Planossolos, presentes nas áreas de várzea da região (EMBRAPA, 2006). Dentro de cada classe, escolheram-se solos submetidos a diferentes usos e manejos a fim de obter variabilidade nos atributos físicos a ser mensurados.

4.1 Coleta de amostras de solo

Os pontos de coletas de solos foram georreferenciados nas propriedades localizadas no Distrito de Passo Novo, Alegrete/RS (ANEXO 2), com cultivo de soja, milho, arroz, azevém e aveia (Figura 3) e no Subdistrito Rincão de São Miguel, onde são cultivados arroz, soja e pastagens de inverno, tais como, aveia e azevém (Figura 4).



Figura 3: Localização dos pontos georreferenciados com delimitação dos locais de coletas de solos no Distrito de Passo Novo - Alegrete/RS. Fonte Google Earth (2018).

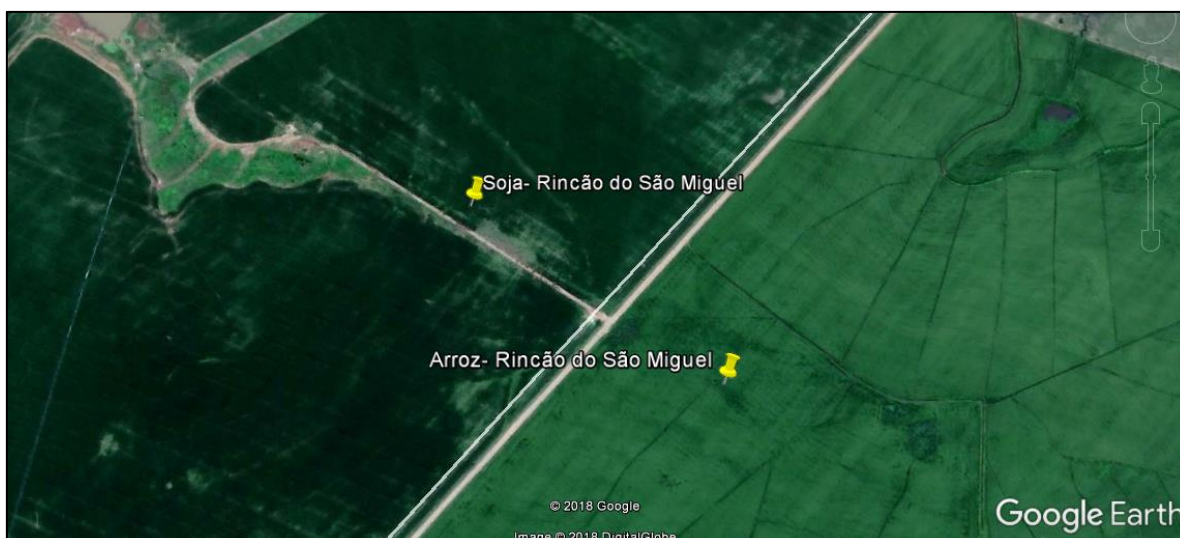


Figura 4: Localização dos pontos georreferenciados com delimitação dos locais de coletas de solos no Distrito de Passo Novo - Alegrete/RS. Fonte Google Earth (2018).

Foram realizadas coletas de amostras de solo em: i) área de soja cultivada em várzea e, no inverno, com rotação de cultura com cultivo de azevém para pastoreio de gado de corte (Figura 3); ii) área de soja em sistema de plantio direto em rotação de culturas com aveia (Figura 5); iii) área de cultivo de milho em rotação com soja, milho e aveia (Figura 6); iv) área de arroz irrigado, em plantio convencional (Figura 7); v) área de lavoura de soja, com plantio direto consolidado, em rotação de culturas com aveia (Figura 8); vi) área sob arroz irrigado.



Figura 5 - Coleta de solo na camada superficial em área cultivada com soja na várzea – Subdistrito Passo Novo – Alegrete/RS. Fonte: AYRES, 2018.



Figura 6 - Coleta de solo na camada subsuperficial em área de soja – Subdistrito Passo Novo – Alegrete/RS.
Fonte: AYRES, 2018.



Figura 7 – Detalhe da área de cultivo de milho – Subdistrito Passo Novo – Alegrete/RS.
Fonte: AYRES, 2018.



Figura 8 - Coleta de solo na camada subsuperficial em área de arroz irrigado – Subdistrito Passo Novo – Alegrete/RS.
Fonte: O autor, 2018.



Figura 9 - Coleta de amostra de solo em lavoura de soja com sistema de plantio direto consolidado – Subdistrito de Rincão de São Miguel – Alegrete/RS.
Fonte: AYRES, 2018.



Figura 10 - Coleta de amostras de solo em lavoura de arroz irrigado. Subdistrito de Rincão de São Miguel.
Fonte: AYRES, 2018.

Amostras de solos, com estrutura preservada foram coletadas nos seis perfis sob diferentes usos e manejos, em duas camadas do horizonte A (altura mediana de 0,00 a 0,10 m e 0,10 a 0,20 m). As amostras de solo indeformadas foram retiradas, em anéis cilíndricos (0,54 m de diâmetro e 0,51 m de altura), oito repetições por camada, o que totalizou 96 amostras indeformadas (Figura 11A e 9B).

Nas mesmas camadas em que foram coletadas as amostras de solos em anéis, foi retirada uma amostragem com estrutura não preservada. A mesma foi acondicionada em saco plástico para ser encaminhada ao laboratório de hidráulica da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) – Campus Alegrete.

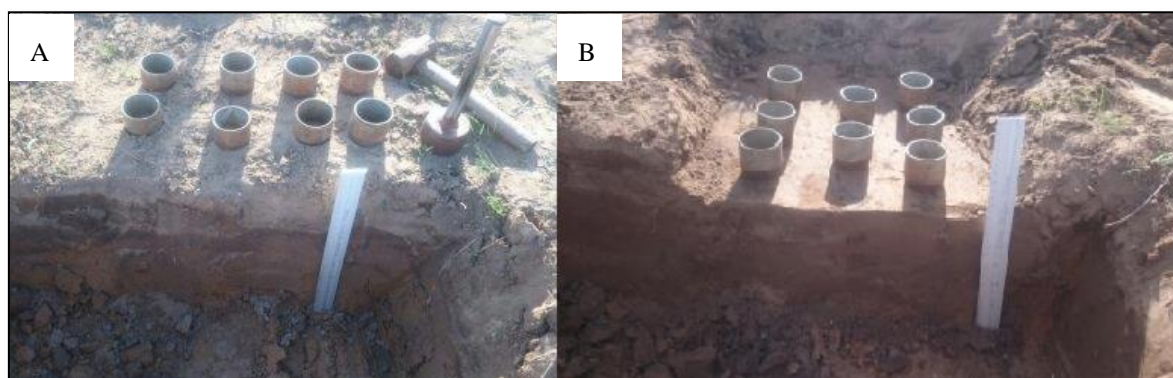


Figura 11: Disposição dos anéis para coletas de solo na camada superficial (A) e na camada inferior (B).

Fonte: AYRES, 2018.

Ao coletar as amostras do solo preservadas, retirou-se o excesso de solo do entorno do anel (Figura 12A), com auxílio de um estilete, para que fosse possível acondicioná-la de forma a manter a estrutura intacta durante o transporte. Para isso, utilizou-se do auxílio do pano poroso, preso com uma liga de borracha na parte inferior do anel (borda cortante) e, posteriormente, o envolvimento de toda a amostra com plástico filme (Figura 12B).



Figura 12- Preparo da amostra coletada: (A) retirada do excesso de solo do entorno e (B) envolvimento da amostra de solo com plástico filme.

Fonte: O autor, 2018.

No laboratório de solos, as amostras foram submetidas às determinações analíticas da densidade do solo, densidade de partículas, análise de granulometria e porosidade total.

Para a determinação da distribuição granulométrica do solo (argila dispersa em hidróxido de sódio), os teores de argila total, silte, areia (fina e grossa) (EMBRAPA, 1997). A densidade de partículas foi obtida pelo método do balão volumétrico e a densidade do solo pelo método do anel volumétrico.

4.2 Ensaio de Laboratório

4.2.1 Teor de umidade do solo

O teor de umidade do solo é definido como a massa de água contida em uma amostra de solo, dividida pela massa seca desta amostra (EMBRAPA, 1997). Para isso, retirou-se uma quantidade de solo de cada local de coleta (Figura 13), pesou-se (massa de solo úmido - MSU) e, posteriormente, foram colocadas pra secar em estufa a 105°C, por um período de 24 horas. Ao retirar as amostras da estufa, pesou-se novamente (obtendo-se a massa de solo seco - MSS).



Figura 13: Amostras de solo para determinação do teor de água no solo. UNIPAMPA – Campus Alegrete.
Fonte: AYRES, 2018.

4.2.2 Análise Granulométrica

A análise granulométrica visa à quantificação da distribuição por tamanho das partículas de minerais do solo. O procedimento visa à ruptura dos agregados do solo e a individualização dessas partículas, por meio de uma combinação de energia mecânica e química, com a formação de uma suspensão estabilizada e a sua quantificação, após a separação das frações.

4.2.2.1 Método do Densímetro

Primeiramente, foi preparada uma solução de hidróxido de sódio, em que se dissolveu 40 gramas de NaOH, em água destilada. Transferiu-se a solução para uma proveta de um litro e completou-se o volume com água destilada (Figura 14).



Figura 14: Preparo da solução de NaOH para determinação da granulometria do solo.
UNIPAMPA – Campus Alegrete.
Fonte: AYRES, 2018.

Após o preparo da solução, pesou-se 40 gramas de solo de cada amostra e colocou-se em um recipiente. Adicionou-se 100 ml da solução e deixou-se a mistura em repouso por 10 minutos (Figura 15).

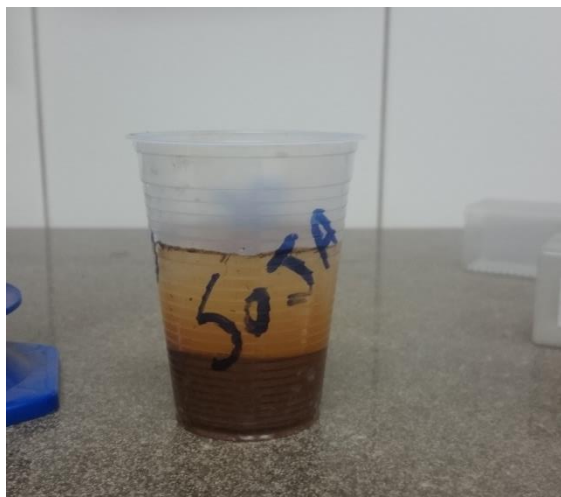


Figura 15: Preparo da solução de NaOH para determinação da granulometria do solo.
Unipampa – Campus Alegrete.
Fonte: AYRES, 2018.

Passados dez minutos, transferiu-se o conteúdo do recipiente para o dispersor elétrico (Figura 16), completou-se até a metade do copo dispersor, com água destilada, e agitou-se por cinco minutos.



Figura 16: Equipamento de agitação das amostras para determinação da granulometria do solo. UNIPAMPA – Campus Alegrete.
Fonte: AYRES, 2018.

Passados os 5 minutos, transferiu-se o conteúdo do dispersor para uma proveta, com capacidade de um litro, e completou-se com água destilada, agitou-se com bastão e, após, retirou-se o bastão e começou a contar o tempo de decantação do material (Figura 17).

As leituras foram realizadas, com auxílio de um densímetro, em 30 segundos, 1 minuto, 3 minutos, 10 minutos, 30 minutos, 90 minutos e após 8 horas.

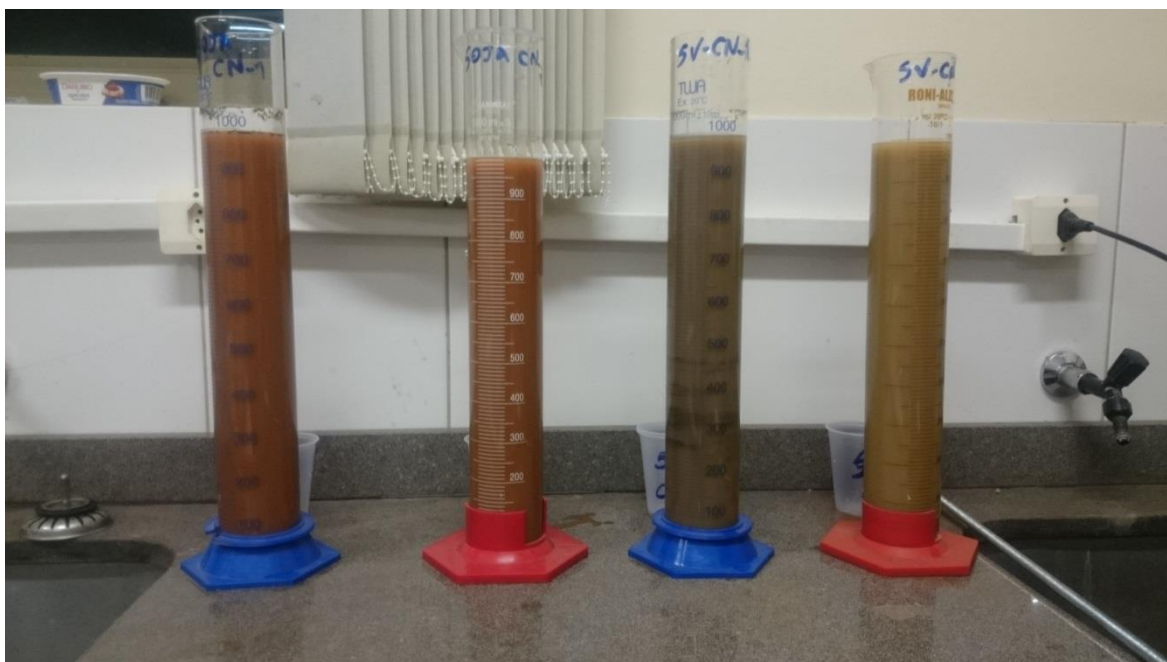


Figura 17: Amostras de solo em decantação para determinação da granulometria do solo. UNIPAMPA – Campus Alegrete. Fonte: AYRES, 2018.

Os cálculos para determinar a textura através do método do densímetro, foram realizados utilizando as seguintes equações (EMBRAPA, 2011):

$$T_{arg} = (L_d \pm L_{Br}) \times 20$$

Em que:

T_{arg} = teor de argila (g kg^{-1})

L_d = leitura do densímetro

L_{Br} = leitura da prova em branco

$$T_{af} = (af) \times 20$$

Em que:

T_{af} = teor de areia (g kg^{-1})

af = areia fina (g)

$$T_{ag} = (a_t - a_f) \times 20$$

Em que:

T_{ag} = teor de areia grossa (g kg^{-1})

a_t = areia total (g)

$$T_s = 1000 - (T_{arg} + T_{af} + T_{ag})$$

Em que:

T_s = teor de silte (g kg^{-1})

4.2.2.2 Método da Pipeta

Para realizar o ensaio de granulometria pelo método da pipeta, foram utilizadas as mesmas amostras citadas no item 4.2.2.1, após a realização das leituras, foi coletado 25ml da solução, com o auxílio de uma pipeta (Figura 18). Transferiu-se a solução pipetada para um béquer, de massa conhecida, e levado para estufa a 105°C, por 24 horas.



Figura 18: Amostras de solo em decantação para determinação da granulometria do solo. Unipampa – Campus Alegrete. Fonte: O autor, 2018.

Agitou-se a suspensão de cada amostra, nos cilindros de sedimentação, e pipetou-se novamente 25ml da suspensão de silte + argila e transferiu-se para um béquer – que foi levado para a estufa a 105°C, por 24 horas. Retiraram-se os béqueres da estufa e pesou-se novamente.

O restante da solução contida na proveta de um litro foi passada nas peneiras de abertura 0,045 e 0,075mm, para determinação dos teores de areia

fina e areia grossa. O conteúdo retido em cada peneira foi transferido para cápsulas e levados à estufa a 105°C, por 24 horas e depois foram realizadas as pesagens das quantidades de areia fina e areia grossa retidos nas peneiras de diferentes malhas.

Para calcular a textura através do método da pipeta, utilizaram-se as seguintes equações, obtidas do manual de análises de solo da EMBRAPA,(2017).

- Somatório das massas das frações:

$$S_m = \left(\frac{m_{af} * f}{m_i} \right) + \left(\frac{(m_{at} - m_{af}) * f}{m_i} \right) + \left(\frac{(m_{sa} - m_{ar}) * f}{m_i * R_v} \right) + \left(\frac{(m_{ar} - m_{br}) * f}{m_i * R_v} \right)$$

Em que:

S_m – somatório das massas das frações (g).

m_{af} – massa de areia fina (g).

m_{at} – massa de areia total (g).

m_{sa} – massa de silte + argila, seca em estufa (g).

m_{ar} – massa de argila, seca em estufa (g).

m_{br} – massa do controle, seca em estufa (g).

m_i – massa inicial da amostra (g).

R_v – razão do volume pipetado para o volume total da proveta descontado o volume retirado na primeira pipetagem.

f – fator de correção de umidade para a massa inicial.

- Concentração de areia fina:

$$T_{af} = \left(\frac{m_{af} * f}{m_i} \right) \times \left(\frac{1000}{S_m} \right)$$

Em que:

T_{af} – concentração de areia fina ($g \text{ kg}^{-1}$)

- Concentração de areia grossa:

$$T_{ag} = \left(\frac{(m_{at} - m_{af}) * f}{m_i} \right) \times \left(\frac{1000}{S_m} \right)$$

Em que:

T_{ag} – concentração de areia grossa (g.kg^{-1}).

- Concentração de silte

$$T_s = \left(\frac{(m_{sa} - m_{ar}) * f}{m_i * R_v} \right) \times \left(\frac{1000}{S_m} \right)$$

Em que:

T_s – concentração de silte (g.kg^{-1})

- Concentração de argila

$$T_{arg} = \left(\frac{(m_{ar} - m_{br}) * f}{m_i * R_v} \right) \times \left(\frac{1000}{S_m} \right)$$

Em que:

T_{arg} – concentração de argila (g.kg^{-1})

De posse dos dados de percentuais de areia, silte e argila, utilizou-se o triângulo textural (Figura 19) para obtenção da classe de solo de cada local em estudo.

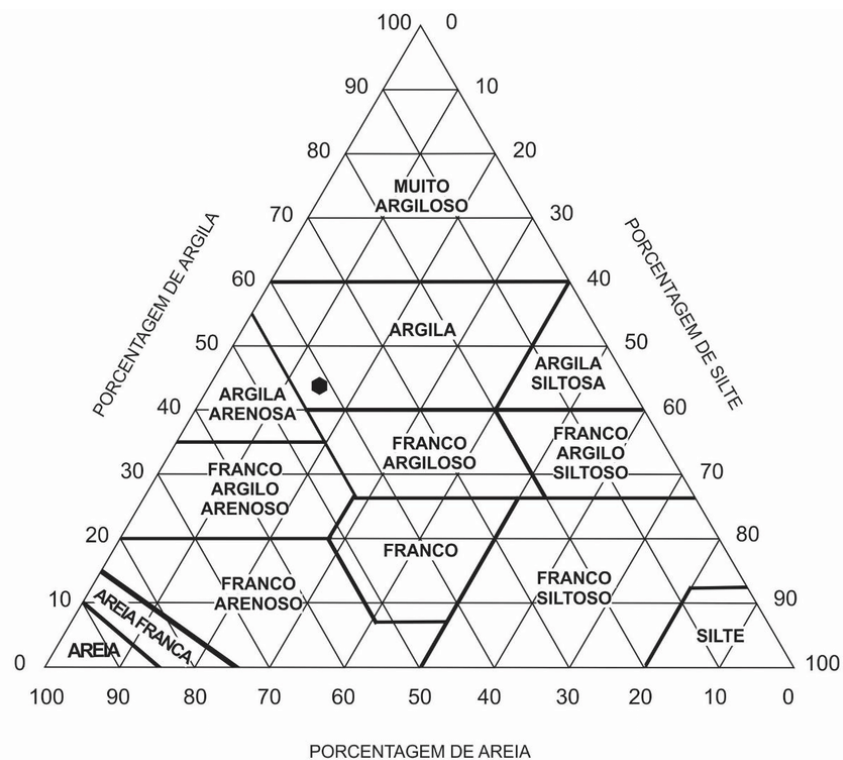


Figura 19: Triângulo textural utilizado para determinação da textura do solo.
Fonte: Lemos & Santos (1996).

4.2.3 Densidade do solo

A densidade do solo foi determinada pelo método do cilindro volumétrico. Tem como princípio a obtenção da massa por pesagem e do volume pela coleta de amostra de solo, com estrutura preservada, por um cilindro de volume conhecido.

Foi utilizada uma amostra de cada camada de solo coletada. As medidas dos cilindros em que foram coletadas as amostras foram anotadas em triplicata, com a utilização de um paquímetro. Com esses dados foi calculado o volume de cada cilindro.

Após o procedimento foi retirada uma amostra do cilindro e transferida para um béquer, de massa conhecida, e transferido para a estufa a 105°C, por 48 horas. Passado esse tempo, a amostra foi retirada e deixada para esfriar, posteriormente foi realizada a pesagem das mesmas.

De posse dos valores da massa seca das amostras e volume dos cilindros, foi feito o cálculo da densidade do solo de cada amostra, através da divisão da massa seca pelo volume do cilindro.

4.2.4 Densidade de partículas

A densidade de partículas é obtida através de duas etapas: a primeira é a obtenção da massa seca da amostra após secagem em estufa e a segunda etapa é a determinação do volume de álcool etílico necessário pra completar o volume do recipiente contendo a amostra seca.

Para este procedimento utilizou-se um balão volumétrico de 50 ml, balança de precisão, buretas de 50 ml, estufa, funil e lata para colocar a amostra pra secar. Primeiramente pesou-se 20 gramas de cada amostra e colocou-as em um recipiente de massa conhecida. Essas foram levadas para secar em estufa a 105°C até obtenção de peso constante. Com isso obteve-se a massa da amostra seca.

A amostra seca foi transferida para um balão volumétrico aferido, com 54 ml (V_t – volume total), com auxílio de um funil. Adicionou-se álcool etílico até cobrir a amostra. Agitou-se bem o balão para eliminar as bolhas de ar que se formam e, posteriormente, foi deixado em repouso por meia hora. Passado este período, prosseguiu-se com a operação, até completar o volume do balão e anotou-se o volume de álcool gasto (Figura 20).



Figura 20 – Determinação da densidade de partículas do solo.

Fonte: AYRES, 2018.

Com os valores da massa de solo seco da amostra (m_a) e volume de álcool utilizado para completar o balão (V_u), pode se calcular a densidade de partículas (D_p) das amostras, pela seguinte equação:

$$D_p = \frac{m_a}{(V_t - V_u)}$$

4.2.5 Porosidade

O volume total de poros (V_{tp}) foi calculado a partir dos valores obtidos da densidade do solo e densidade de partículas, através da seguinte equação:

$$V_{tp} = \left(1 - \frac{D_s}{D_p}\right) * 100$$

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Teores de umidade do solo

Os valores de umidade e fator de correção obtidos nas amostras coletadas estão explícitos na tabela 1. A umidade residual representa o conteúdo de água presente na amostra preparada e seca ao ar ou estufa. O fator f é usado para correção da massa de solo nas determinações analíticas em laboratório e é determinado através da divisão dos valores da massa da amostra úmida pela massa da amostra seca.

Tabela 1: Teores de umidade (%) e seu respectivo fator de correção (Fcr) nos pontos amostrados.

Pontos Amostrados	Camada 1				Camada 2			
	Solo úmido	Solo seco	Umidade (%)	Fcr	Solo úmido	Solo seco	Umidade (%)	Fcr
RB SC	86,06	76,24	12,88	1,13	91,10	79,63	14,40	1,14
RB ARROZ	98,33	89,77	9,53	1,10	116,62	104,76	11,32	1,11
CN MILHO	96,22	90,83	5,94	1,06	103,25	97,10	6,34	1,06
CN SV	111,79	104,40	7,08	1,07	118,72	111,40	6,57	1,07
CN SOJA	87,88	81,46	7,88	1,08	106,39	97,82	8,76	1,09
CN ARROZ	120,96	114,42	5,72	1,06	137,69	129,19	6,57	1,07

RB SC: Soja; **RB ARROZ:** Arroz; **CN MILHO:** Milho; **CN SV:** Soja várzea; **CN SOJA:** Soja coxilha; **CN ARROZ:** Arroz.

Conhecer o teor de umidade presente no solo é de fundamental importância, além de ser indispensável para culturas irrigadas, todavia determina a tomada de decisão de irrigar ou não em determinado momento.

Pelos resultados é possível averiguar que RB SC apresentou maiores valores de umidade na primeira e segunda camada quando comparado aos demais pontos em estudo. Trata-se de uma área onde o último cultivo foi soja semeada sob sistema plantio direto (SPD) após o cultivo de aveia, o que certamente propiciou essa maior umidade ao solo, pois o material orgânico da aveia atua como protetor do solo diminuindo a inserção direta da radiação solar e conseqüentemente a evaporação da água presente no solo.

Por outro lado, o cultivo de soja na várzea (CN SV) divergiu dessa tendência, onde a camada superficial apresentou um teor de umidade superior a segunda camada, fator característico deste tipo de manejo, onde corriqueiramente ocorre compactação entre a primeira e a segunda camada impedindo a infiltração de água no solo.

A umidade do solo influencia diretamente o estande de plantas em todos os ciclos da cultura, tanto nas suas épocas amenas ou mais exigentes a necessidade hídrica, por isso ela é um dos parâmetros indispensáveis para avaliar as exigências do solo e sua real condição.

5.2 Análise granulométrica

Os teores médios da composição areia, argila e silte foram afetados pelo método de análise granulométrica aplicada (densímetro e pipeta).

5.2.1 Método do Densímetro

Os teores de argila e silte estão apresentados na tabela 2, para os diferentes pontos estudados e nas duas camadas (superficial e subsuperficial). Na figura 21 estão apresentados os percentuais da granulometria dos referidos solos estudados pelo método do densímetro:

Tabela 2: Teores de argila e silte (g.L^{-1}) nos pontos amostrados.

Amostras	Camada 1		Camada 2		CLASSIFICAÇÃO
	Argila	Silte	Argila	Silte	
RB SC	0,005	1,005	0,006	1,005	FRANCO ARENOSO
RB ARROZ	0,003	1,008	0,004	1,007	FRANCO ARENOSO
CN MILHO	0,002	1,005	0,002	1,006	FRANCO SILTOSO
CN SV	0,003	1,004	0,002	1,004	FRANCO SILTOSO
CN SOJA	0,002	1,005	0,002	1,004	FRANCO SILTOSO
CN ARROZ	0,002	1,004	0,002	1,004	FRANCO ARENOSO

RB SC: Soja; **RB ARROZ:** Arroz; **CN MILHO:** Milho; **CN SV:** Soja várzea; **CN SOJA:** Soja coxilha; **CN ARROZ:** Arroz.

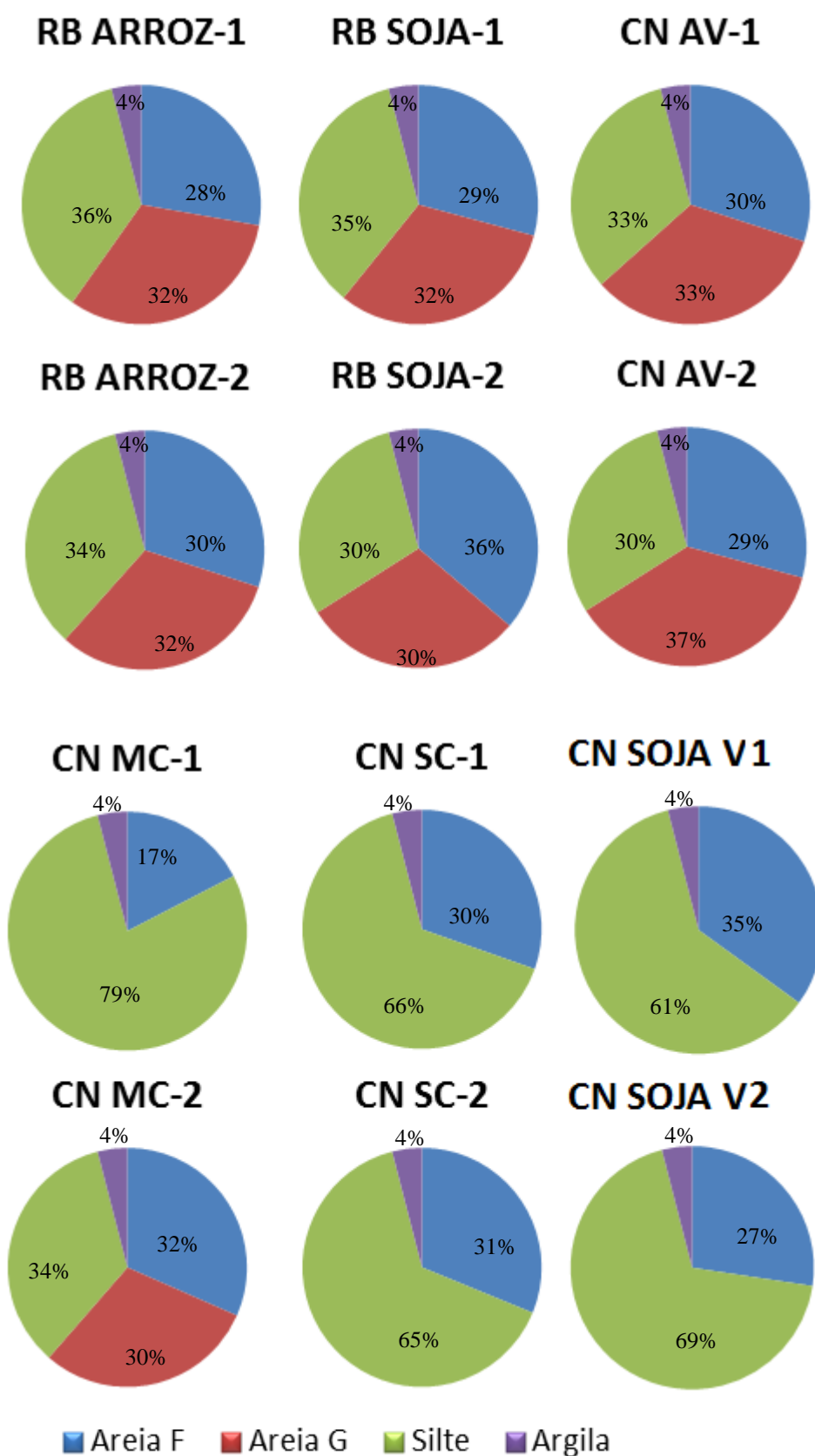


Figura 21: Percentuais de areia, silte e argila dos solos pelo método do densímetro.
 Fonte: AYRES, 2018.

Quando comparados à literatura, os solos em estudo estão fora da classe textural que deveriam ser classificados, isto pode ter ocorrido pelo fato deste método possuir muitas variáveis que poderiam ocasionar tais erros e, portanto, necessita de equipamentos com maior precisão; o que não foi utilizado na determinação deste trabalho pela falta de disponibilidade, por isso se optou por um método mais simplificado e que utilizaria as mesmas amostras já preparadas.

5.2.2 Método da Pipeta

Os percentuais de granulometria dos referidos solos estudados pelo método da pipeta estão dispostos na figura 22.

Pelos resultados obtidos nas análises, os solos foram classificados como:

- RB Arroz: FRANCO- FRANCO ARGILO ARENOSO;
- RB Soja: FRANCO ARENOSO;
- CN AV: AREIA FRANCA- FRANCO ARENOSO;
- CN Milho: MUITO ARGILOSO- FRANCO ARGILO ARENOSO;
- CN Soja: FRANCO ARGILO ARENOSO;
- CN Soja várzea: FRANCO ARGILO ARENOSO- FRANCO SILTOSO.

Os valores obtidos convergem do mapa de classificação dos solos (ANEXO 1).

O método da pipeta comparado ao método do densímetro (Figura 23), por vezes superestimou os valores de porcentagens de areia fina, pois o método da pipeta apresenta menores possibilidades de erro comparado ao método do densímetro, por ser mais simples e requerer menor quantidade de equipamentos.

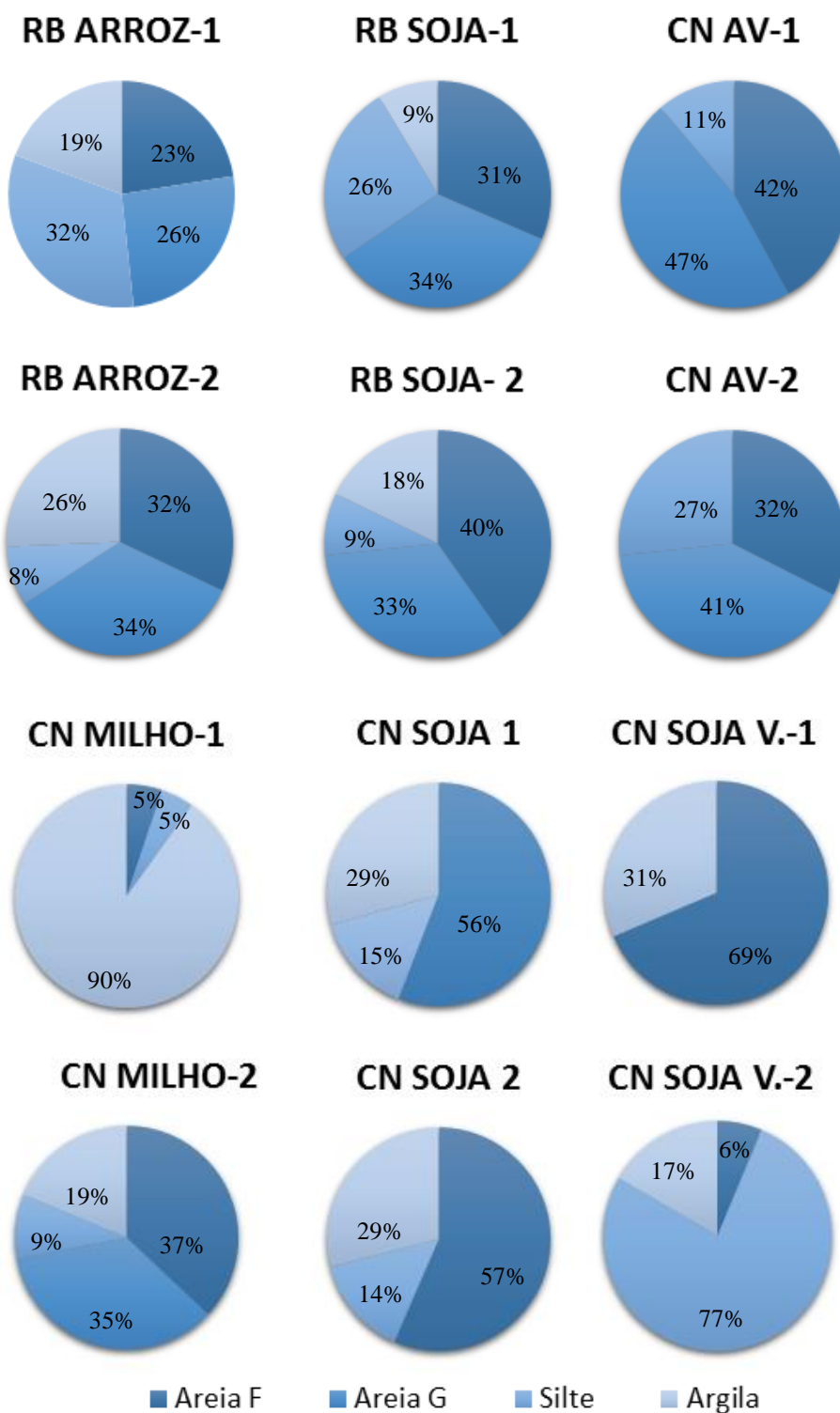


Figura 22: Percentuais de areia, silte e argila dos solos pelo método da pipeta
Fonte: AYRES, 2018.

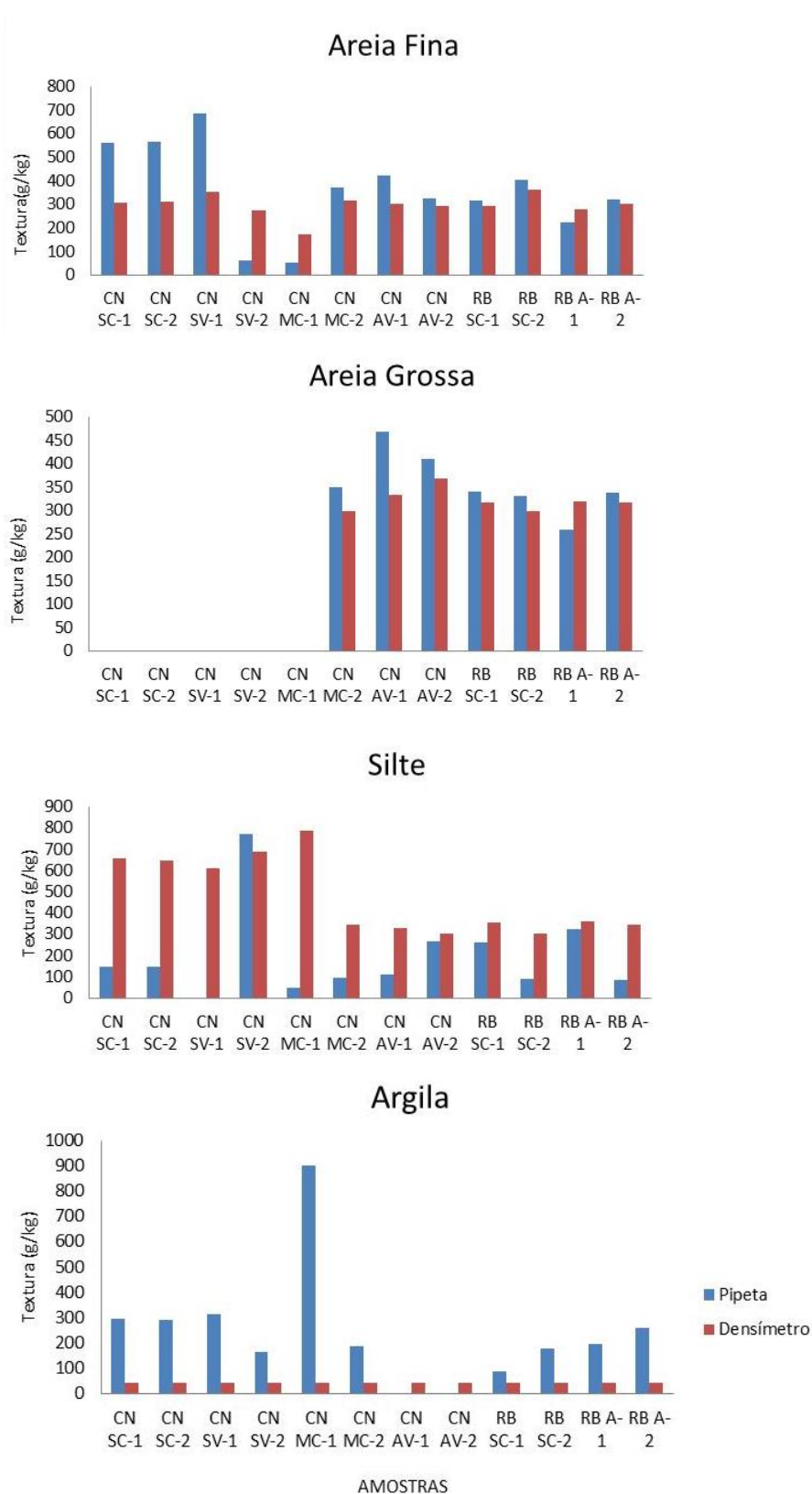


Figura 23: Percentuais de areia (grossa e fina), silte e argila dos solos pelo método da pipeta. Fonte: AYRES, 2018.

A partir da classificação dos solos pelo método da pipeta, foi possível estimar a disponibilidade de água, em milímetros de água por centímetro de solo explorado pelo sistema radicular (Figura 24) de acordo com a textura do mesmo.

O solo CN MILHO apresentou maior disponibilidade de água (na camada 1) disponibiliza cerca de 1,5 milímetros de água por centímetro de solo. Esse solo foi classificado como muito argiloso e apresentou o maior teor de argila (Figura 20).

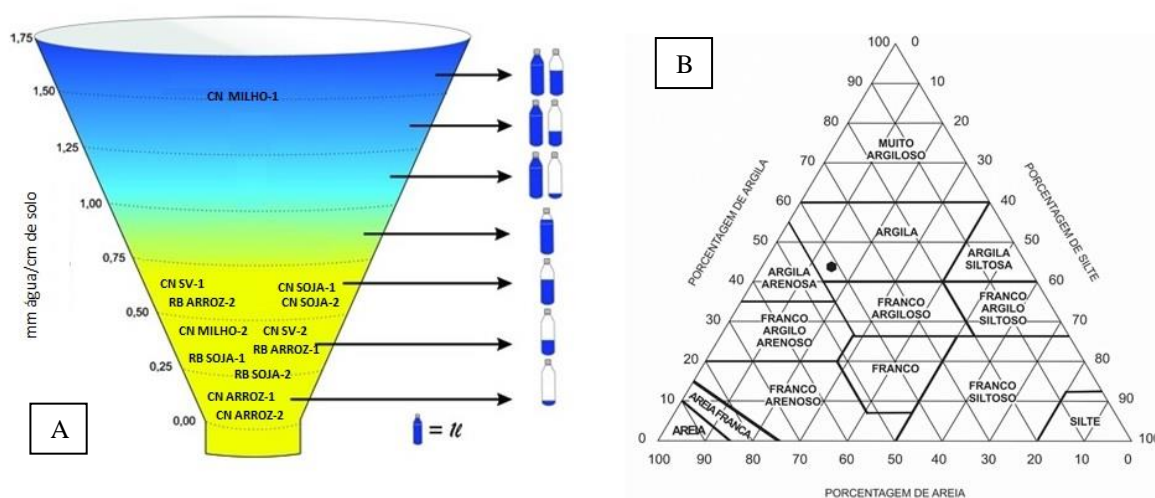


Figura 24: (A) Capacidade de água disponível (mm) e (B) triângulo textural dos solos.
Fonte: Adaptada de CARVALHO, 2012.

Nos demais solos e camadas a disponibilidade de água foi inferior a 0,75 milímetros de água por centímetro de solo. Desses, o solo cultivado com arroz em campo nativo foi o que teve maior restrição quanto à disponibilidade de água para as plantas (menos de 0,25 milímetros de água por centímetro de solo).

5.3 Densidade do solo

Os valores de densidade do solo obtidos no presente estudo estão apresentados na figura 25, para os diferentes usos e camadas. De modo geral, a densidade do solo na camada superficial tem efeito positivo dos resíduos culturais, o que favorece na redução desse parâmetro do solo.

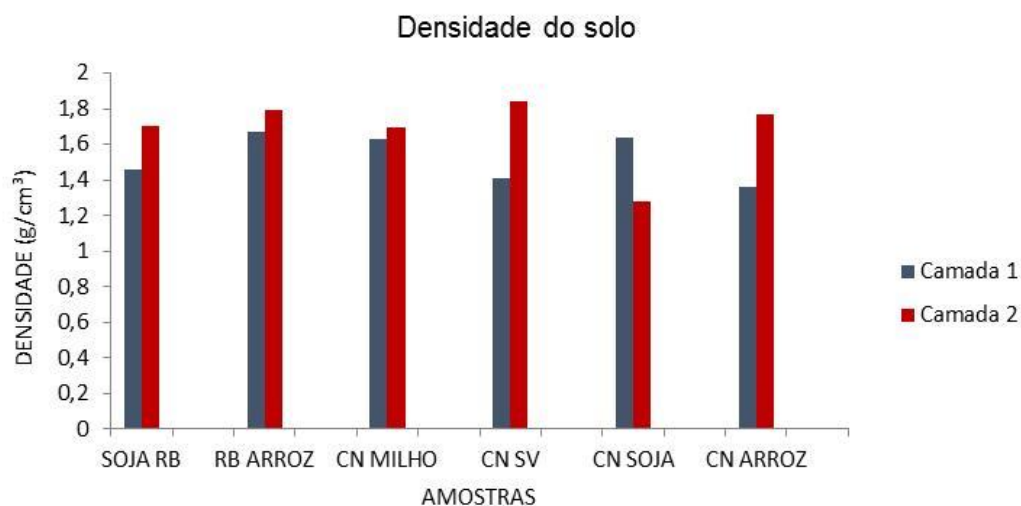


Figura 25: Densidade do solo ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$) para os diferentes usos e camadas dos solos.
Fonte: AYRES, 2018.

A determinação da densidade do solo permite avaliar certas propriedades, como: drenagem, porosidade, condutividade hidráulica, permeabilidade ao ar e à água, capacidade de saturação, armazenamento de água e água disponível. De maneira geral, pode-se afirmar que, quanto mais elevada for a densidade do solo, maior será sua compactação e a estrutura degradada, menor sua porosidade total e, conseqüentemente, maiores serão as restrições para o crescimento do sistema radicular e desenvolvimento das plantas.

Reinert et al. (2001), estabeleceram valores críticos de densidade do solo e propuseram o valor de $1,45 \text{ g cm}^{-3}$ para solos com horizonte de textura argilosa (mais de 55 % de argila), $1,55 \text{ g cm}^{-3}$ para solos com horizonte de textura média (argila entre 20 e 55%) e de $1,65 \text{ g cm}^{-3}$ para solos com textura arenosa (menos de 20% de argila).

A maior parte dos solos analisados indicou (pelas densidades obtidas) que o manejo não está sendo adequado para manter um solo produtivo (Tabela 3), pois na maior parte dos solos a densidade ficou acima do limite pré-determinado como crítico que varia de 1,45 até 1,65, conforme a classificação do solo.

Tabela 3: Classificação dos solos, densidade (crítica e obtida), em g.cm^{-3} .

AMOSTRA	CLASSIFICAÇÃO	Ds-crítico (g.cm^{-3})	Ds obtido (g.cm^{-3})
RB ARROZ 1	FRANCO	1,65	1,67
RB ARROZ 2	FRANCO ARGILO ARENOSO	1,55	1,79
RB SOJA 1	FRANCO ARENOSO	1,65	1,46
RB SOJA 2	FRANCO ARENOSO	1,65	1,70
CN ARROZ 1	AREIA FRANCA	1,65	1,36
CN ARROZ 2	FRANCO ARENOSO	1,65	1,77
CN MILHO 1	MUITO ARGILOSO	1,45	1,63
CN MILHO2	FRANCO ARGILO ARENOSO	1,65	1,70
CN SOJA VÁRZEA 1	FRANCO ARGILO ARENOSO	1,55	1,41
CN SOJA VÁRZEA 2	FRANCO SILTOSO	1,65	1,84
CN SOJA 1	FRANCO ARGILO ARENOSO	1,55	1,64
CN SOJA 2	FRANCO ARGILO ARENOSO	1,55	1,27

Fonte: AYRES, 2018.

Na cultura do arroz irrigado o crescimento da parte aérea do arroz diminui com o aumento da densidade do solo a partir de $1,2\text{g.cm}^{-3}$. As raízes na camada compactada de 0-20 cm de profundidade apresentam engrossamento, em razão do aumento da densidade do solo e a compactação superficial do solo diminui a quantidade de raízes presentes nesta camada e na camada inferior não compactada de 20-40 cm de profundidade (Guimarães et al., 2008).

Nas áreas onde as amostras deste trabalho foram coletadas, os manejos são constituídos em cultivo de plantas de ciclo anual no período de verão e no inverno cultivo de pastagens para pastoreio animal. A possibilidade de compactação devido ao pisoteio dos animais, preocupa os produtores, pois diversos estudos científicos já evidenciaram este processo. Porém, estes estudos indicam que ocorre a compactação somente na camada até 10 centímetros de profundidade. Segundo Kleffmann (2012), os animais aplicam pressões de até 400 kPa. Se analisadas individualmente, estas pressões podem ser superiores àquelas aplicadas por máquinas agrícolas, mas elas ocorrem pontualmente e não pela área inteira.

A compactação influi no crescimento vegetativo das plantas que irão produzir menor quantidade de massa, e esta redução aumentará a suscetibilidade do solo ao impacto da gota da chuva e ao escoamento superficial, criando condições favoráveis para o início do processo de erosão. Com isso, tem-se a

importância de adotar técnicas de manejo que evitem a degradação dos solos e pastagens, tais como: manejo de lotação animal, ajuste de altura de pastejo, plantio direto, uso de terraços, plantio em nível.

5.4 Densidade de partículas (Dp)

Os valores de densidade de partículas para os solos estudados estão apresentados na figura 26. A densidade de partículas de um solo, seco ou molhado, é sempre a mesma, desde que se subtraia da massa da amostra o peso da água contida.

O sistema de manejo com maior densidade de partículas na camada 1, de 0-10 cm, foi o cultivo de soja que apresentou Dp de $2,3 \text{ g.cm}^{-3}$ e na camada 2, de 10-20 cm, foi no cultivo de arroz irrigado que apresentou Dp de $2,7 \text{ g.cm}^{-3}$.

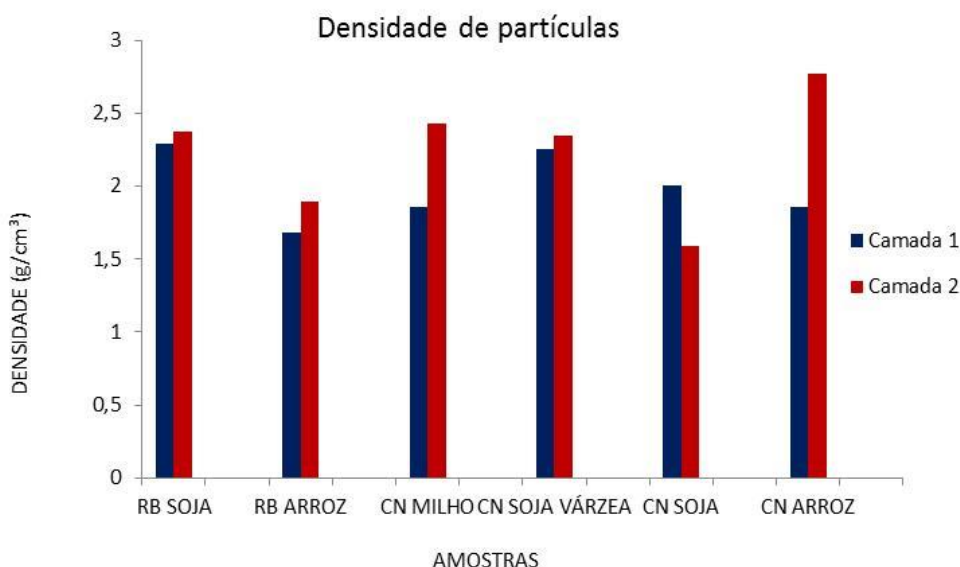


Figura 26: Densidade de partículas (g.cm^{-3}) para os diferentes usos e camadas dos solos. Fonte: AYRES, 2018.

Nos solos, os valores de densidade de partículas variam, em média, entre os limites de $2,3$ e $2,9 \text{ g.cm}^{-3}$. Como valor médio, para efeito de cálculos pode-se considerar a densidade de partículas como sendo de $2,65 \text{ g.cm}^{-3}$. Isto porque os constituintes minerais predominantes nos solos são o quartzo, os feldspatos e os

silicatos de alumínio coloidais, cujas densidades de partículas estão em torno de $2,65 \text{ g.cm}^{-3}$.

5.5 Porosidade total

Na figura 27 é possível visualizar o volume de vazios encontrado nos solos analisados. O solo onde foi cultivado arroz, na camada superficial, apresenta-se totalmente compactado, pois o volume praticamente inexistente. Nesse local, durante o processo de coleta de solo, houve uma dificuldade muito grande na retirada das amostras (nas camadas) devido à compactação do solo (Figura 10). Portanto, esse processo certamente contribuiu para o resultado reduzido no volume de poros nas duas camadas de solo.

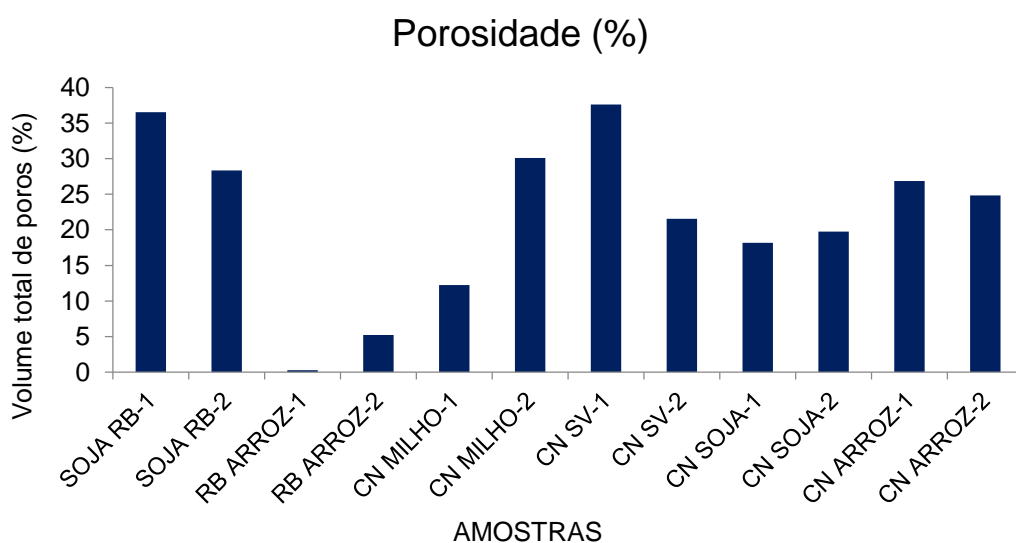


Figura 27: Volume total de poros (%) para os diferentes usos e camadas de solos.
Fonte: AYRES, 2018.

A porosidade do solo afeta a retenção de água no mesmo, principalmente pelo efeito sobre o fenômeno da capilaridade. A capilaridade está ligada à afinidade das partículas do solo com a água e depende da geometria porosa do

meio (forma, tamanho, orientação e distribuição dos poros), que é afetada pelo sistema de manejo adotado (RASIAH & AYLMORE, 1998).

6 CONCLUSÃO

Em relação ao teor de umidade do solo, essa está atrelada ao material orgânico residual das culturas, que atua como protetor do solo e diminui a inserção direta da radiação solar e conseqüentemente a evaporação da água presente no solo.

A densidade de partículas está atrelada à textura do solo. Solos argilosos tem maior capacidade de retenção e disponibilidade de água para as plantas.

A maior parte dos solos analisados indica que o manejo não está sendo adequado para manter um solo produtivo, pois a densidade ficou no limite pré-determinado como crítico e com restrições no volume de poros.

A compactação do solo é um dos fatores que diminuem a produtividade das lavouras e conseqüentemente o lucro do produtor. O sistema de plantio direto melhora as condições estruturais do solo, com maior porosidade e menor densidade do solo.

Portanto, informações quanto à textura do solo, densidade do solo e porosidade, indica ao produtor a conseqüência do manejo adotado e o resultado reflete diretamente na produção. Além disso, propicia aperfeiçoar os recursos, com redução nos custos com correções de solo e melhorar a estrutura do mesmo, com uso de manejos mais adequados para cada condição.

Com a utilização de conhecimentos acadêmicos e de manejos e pelos resultados desse trabalho, é possível elencar alguns cuidados que pode-se ter durante o preparo, plantio e manejo das culturas para se ter um melhor desempenho do solo, por exemplo: i) uma simples mudança de hábito nas práticas de preparo e manejo do solo; ii) controlar a entrada de maquinários no solo quando este estiver úmido; iii) reduzir operações de preparo do solo, através de sistemas de plantio menos agressivos ao solo, como sistema de plantio direto, dentre outros.

REFERÊNCIAS

AMARAL, A.S. Reaplicação de calcário no sistema plantio direto consolidado. Porto Alegre, 1998. 102f. **Dissertação** (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

ABREU, S.; MERCANTE, A. **Nutrição de safras. Definição de solos.** Disponível em: < <http://www.nutricaoodesafras.com.br/definicao-de-solo#overview>>. Acesso em: 05/06/2017.

ADOLPHO, D.O. **Arquivo pessoal**, 2018.

BARRÓN, V.; MELLO, J.W.V. & TORRENT, J. Caracterização de óxidos de ferro em solos por espectroscopia de Reflectância Difusa. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H. & SCHAEFER, C.E.G.R., eds. **Tópicos em ciência do solo.** Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v.1, p.139-162.

BESCANSÀ, P.; IMAZ, M. J.; VIRTO, I.; ENRIQUE, A.; HOOGMOED, W. B. Soil water retention as affected by tillage and residue management in semiarid Spain. **Soil & Tillage Research**, v.87, p.19-27, 2006.

CAIRES, F.E.; CHVEIRI, A.W.; MADRUGA, E.F. & FIGUEIREDO, A. Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicado na superfície em sistema de cultivo sem preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 22:27-34, 1998.

CARVALHO, J.P.; **Disponibilidade de água no solo. Pedologia Fácil.** Disponível em: <<http://www.pedologiafacil.com.br>>. Acesso em: 23/06/2018.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Recomendação de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** 3.ed. Passo Fundo, SBCS - Núcleo Regional Sul/EMBRAPA/CNPT, 1995. 224p

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Eds.). **Defining soil quality for a sustainable environment.** Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 3-21. (SSSA special publication, 35).

DOS SANTOS, A.A; SAMPAIO, G. DA SILVA. **Classificação Brasileira de Solos.** Universidade Federal de Roraima, 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA.
Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2006. 306p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA.
Sistema brasileiro de classificação de solos. Embrapa Solos, 2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA- EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo** / Centro Nacional de Pesquisa de Solos. – 2. ed. rev. atual. – Rio de Janeiro, 1997.

GUIMARÃES et.al. Compactação do solo na cultura do arroz de terras altas.
Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 36, n. 4, p. 703-707, abr. 2001

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

KLEFFMANN. **Compactação do solo por pisoteio animal.** Disponível em:
<<http://www.portalklff.com.br/publicacao/oldlink-1051>> Acesso em: 06/06/2018.

LANÇAS, K.P. Subsolagem ou escarificação. **Revista Cultivar Máquinas.** Ed. 14, p. 34-37. 2002.

LEPSCH, Igo F. **Formação e Conservação Dos Solos.** Oficina de Textos. São Paulo. 2002.

LEMONS, R.C. & SANTOS, R.D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo.** 3.ed. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. 83p.

LIBARDI, P. L. Água no solo. In: VAN LIER, Q. de J. **Física do solo.** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2010. p. 103-152.

MACEDO, M. C. M. Integração lavoura pecuária: O estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.133-146, 2009.

MANTOVANI, E.C. **Compactação do Solo.** EMBRAPA Milho e sorgo. Sete Lagoas-MG, 1986.

RHEINHEIMER, D.S.; SANTOS, E.J.S.; KAMINSKI, J. & XAVIER, F.M. Aplicação superficial de calcário no plantio direto consolidado em solo arenoso. **Ciência Rural**, 30, 2000.

RITCHIE, J.T. & JORDAN, WR, **Fluxo evaporativo das zonas secas em um clima sub úmido**, IV. Relação com o estado da água da planta. USA, 1972.

SILLON, J.F.; RICHARD, G. & COUSIN, I. Lavoura e efeitos de tráfego sobre propriedades hidráulicas do solo e evaporação. **Geoderma**, 116:29-46, 2003.

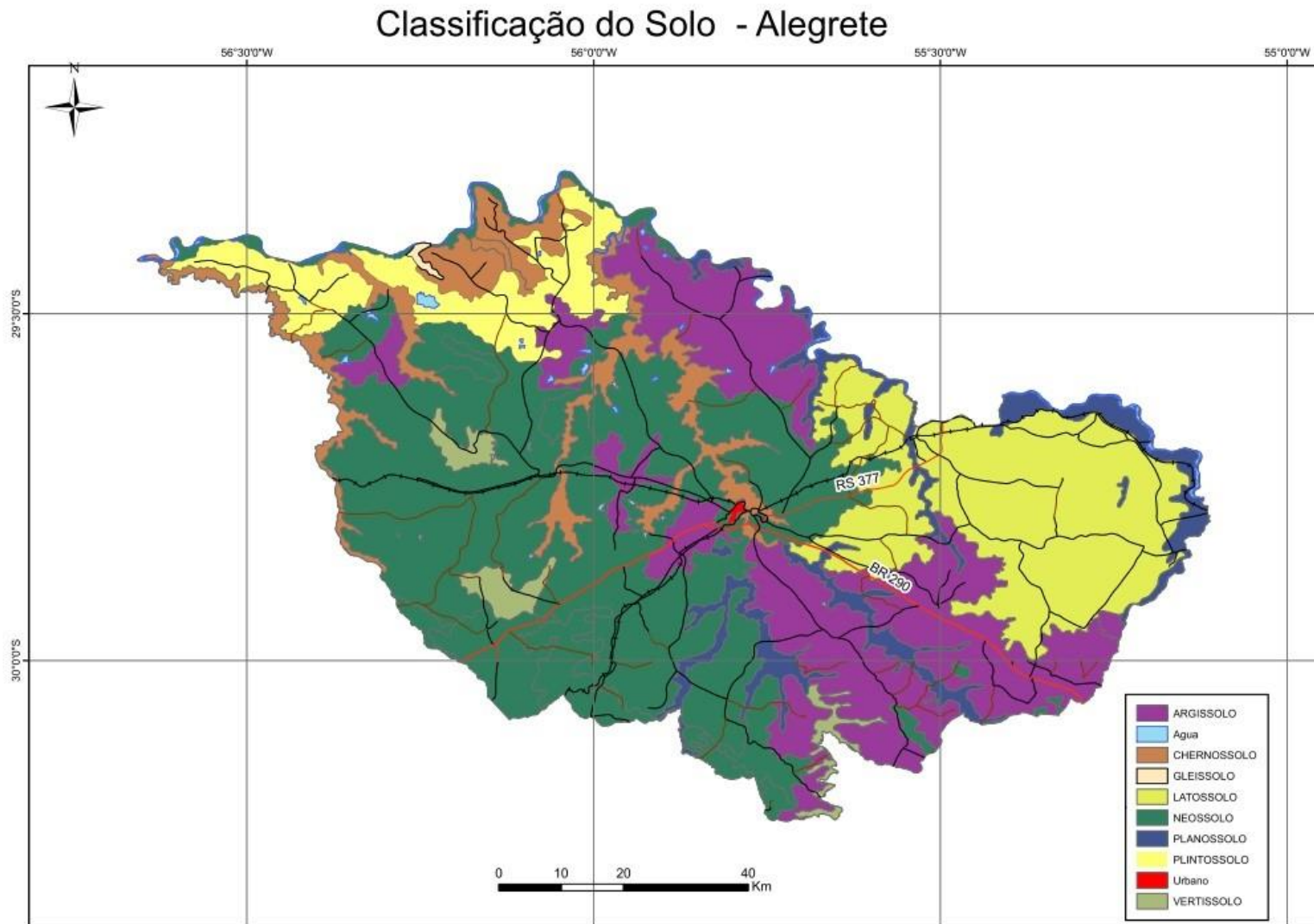
SOARES, F.C. Uso de diferentes metodologias na geração de funções de pedotransferência para a retenção de água em solos do Rio Grande do Sul. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria, 2013.

STONE L. F.; SILVEIRA, P. M. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.395-401, 2001.

TAPAHUASCO, W.F.C. **Arquivo pessoal**, 2018.

WANG, D.; YATES, S. R.; ERNST, F. F. Determinando propriedades hidráulicas do solo usando infiltrômetros de tensão, reflectometria de domínio do tempo e tensiômetros. **Revista Americana de Ciência do Solo**. Madison, v. 62, n. 2, p. 318-325, 1998.

ANEXOS



Anexo 1: Mapa das classes de solos de Alegrete, RS. Fonte: TAPAHUASCO, 2018.

