

CURSO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

Christiano de Carvalho Lamb

**QUALIDADE FÍSICA DE SOLOS IRRIGADOS POR ASPERSÃO COM SISTEMA
PIVÔ CENTRAL NO MUNICÍPIO DE DOM PEDRITO (RS)**

Santa Cruz do Sul

2012

Christiano de Carvalho Lamb

**QUALIDADE FÍSICA DE SOLOS IRRIGADOS POR ASPERSÃO COM SISTEMA
PIVÔ CENTRAL NO MUNICÍPIO DE DOM PEDRITO (RS)**

Relatório de Estágio apresentado à disciplina
de Estágio do Curso de Engenharia Agrícola da
Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC

Orientadora: Prof.^a Zanandra Boff de Oliveira

Santa Cruz do Sul

2012

AGRADECIMENTOS

Agradeço os meus familiares pelo grande incentivo ao longo de minha formação acadêmica e apoio em todos os momentos.

A professora Zanandra Boff de Oliveira, pela ajuda, orientação e pelos ensinamentos repassados ao decorrer da execução do trabalho.

Ao Sr. Valter José Pötter pela confiança e oportunidade para que fosse possível a realização deste estudo.

Ao responsável pelo Laboratório de Agrohidrologia da UNISC Adroaldo de Oliveira e ao colega Ravel Feron Dagios pela ajuda nas tarefas laboratoriais realizadas.

Ao grande amigo e colega Railander Pereira Weber (*In memorian*) pelo companheirismo, amizade e pelos conhecimentos compartilhados no decorrer do curso.

A todos os professores e colegas do curso de Engenharia Agrícola da UNISC, pela amizade, convívio e aprendizado adquirido.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
2.1 Origem e definição de solo.....	12
2.2 Qualidade dos solos agrícola.....	12
2.3 Importância do conjunto água – solo	13
2.4 Atributos físico-hídricos do solo.....	14
2.4.1 Densidade do solo.....	14
2.4.2 Densidade de partículas.....	14
2.4.3 Textura do solo.....	15
2.4.4 Estrutura do solo.....	15
2.4.5 Porosidade do solo.....	16
2.4.6 Conteúdo de água do solo.....	17
2.5 Implicações do manejo na qualidade física dos solos.....	18
2.6 O sistema de plantio direto e sua relação com a compactação do solo.....	19
2.7 Irrigação.....	21
2.7.1 Definição.....	21
2.7.2 Principais métodos de irrigação.....	21
2.7.2.1 Irrigação por aspersão.....	21
2.7.2.2 Irrigação por superfície	22
2.7.2.3 Irrigação localizada.....	22
2.7.3 Irrigação no Brasil.....	23
2.7.4 Irrigação por meio de pivô central.....	23
2.7.4.1 Vantagens da irrigação com pivô central.....	24
2.7.4.2 Desvantagens da irrigação com pivô central.....	25
2.7.5 Uso da irrigação com pivô central em pastagens.....	25
2.7.6 Irrigação com pivô central no estado do Rio Grande do Sul.....	26
2.8 Degradação do solo em áreas irrigadas.....	27
2.9 Principais formas de compactação em solos irrigados.....	28
2.9.1 Tráfego de máquinas.....	28

2.9.2 Pisoteio animal.....	28
3 METODOLOGIA.....	30
3.1 Delimitação do trabalho.....	30
3.2 Coleta de dados.....	31
3.2.1 Levantamento de informações.....	31
3.2.2 Diagnóstico das áreas em estudo.....	31
3.2.3 Coleta de amostras para avaliação dos atributos físico – hídricos do solo..	32
3.2.4 Parâmetros utilizados para determinação da ocorrência de compactação do solo.....	35
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	36
4.1 Dados das áreas obtidos através da aplicação do questionário.....	36
4.2 Caracterização textural das áreas do município de Dom Pedrito (RS).....	37
4.3 Análise da macroporosidade, microporosidade e porosidade total encontradas na camada superficial das áreas em estudo.....	40
4.4 Avaliação das densidades de solo encontradas nas três camadas das áreas irrigadas por aspersão no município de Dom Pedrito (RS).....	43
4.5 Incidência da compactação das camadas superficial (0-20cm), intermediária (30-50cm) e inferior (50-80cm) nas áreas irrigadas por pivô central em vista da macroporosidade e densidade do solo.....	47
4.6 Análise da produtividade de grãos das às áreas irrigadas em relação à situação de compactação do solo que se encontram as camadas de cada área..	51
4.6.1 Área de 60 hectares (4 anos S.P.D), produtividade em contraste com a compactação do solo.....	52
4.6.2 Área de 83,3 hectares, produtividades em relação à compactação do solo.....	55
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	57
REFERÊNCIAS.....	58

RESUMO

Atualmente com uma variedade de discrepâncias no comportamento do clima da maioria das regiões, principalmente com regimes e volumes de chuva alterados, tem se tornado cada vez mais importante no meio rural o uso da irrigação como garantia de bons rendimentos e produtividades. As áreas irrigadas caracterizam-se pelo intenso uso, visto que a água não é o fator limitante para a produção, sendo estas áreas mais susceptíveis a fatores que degradam os solos afetando negativamente as culturas. O objetivo geral deste trabalho foi avaliar a qualidade física de solos irrigados por aspersão em três áreas que utilizam o sistema de pivô central no município de Dom Pedrito-RS, a fim de determinar as características físico-hídricas do solo, estabelecer parâmetros críticos de macroporosidade e densidade para avaliar a compactação do solo em vista do manejo e das produtividades das áreas irrigadas. A coleta de dados deu-se através da aplicação de questionário ao responsável técnico pelas áreas irrigadas, na coleta de solo e na determinação analítica de parâmetros físico-hídricos, bem como do estabelecimento de parâmetros críticos de densidade do solo e de macroporosidade com base na bibliografia, análise dos dados foi interpretativa. Os resultados obtidos com o estudo mostraram que apenas uma parte da área de 60 ha não apresentou sinais de compactação, em relação à densidade do solo e a macroporosidade, na camada superficial do perfil do solo. As três áreas (7, 60, 83,3 ha) apresentaram compactação, em relação à densidade do solo, nas camadas intermediárias e inferiores do perfil do solo. A cultura que se demonstrou mais sensível à compactação do solo foi à cultura do milho, que apresentou uma produção de grãos inferior à média do Estado para áreas irrigadas sob pivô central. Sugerem-se medidas corretivas para amenizar o problema de compactação do solo e, assim, elevar os índices de produtividade destas áreas que dispõem de elevados níveis tecnológicos, devendo ser mais bem aproveitados.

Palavras chaves: Irrigação, compactação, manejo.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Valores críticos de densidade do solo de acordo com a faixa de argila dos solos.....	35
Quadro 2 - Valores críticos de macroporosidade do solo de acordo com o teor de argila.....	35
Quadro 3 - Informações de manejo e produtividade das áreas analisadas.....	36
Quadro 4 - Frações texturais e classes de textura dos perfis de solo analisados.....	38
Quadro 5 - Valores de densidade do solo obtidos nas camadas dos perfis de solo.....	43
Quadro 6 - Equalização dos valores de densidade das áreas irrigadas com os valores descritos como críticos em vista a faixa de argila que se situa a camada.....	45
Quadro 7 - Diagnóstico de compactação da camada superficial nas três áreas irrigadas.....	48
Quadro 8 - Diagnóstico de compactação da camada intermediária nas três áreas irrigadas.....	49

Quadro 9 - Diagnóstico de compactação da camada inferior nas três áreas irrigadas..... 51

Quadro 10- Média de produção dos últimos 10 anos no (RS)..... 52

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Base do pivô com sistema de tomada de água e caixa de controle central.....	24
Figura 2 - Pastagem de azevém, trevo e cornichão com sistema de irrigação por meio de pivô central.....	26
Figura 3 - Pisoteio animal e acúmulo de água na superfície do solo em pastagem com irrigação por meio de pivô central.....	29
Figura 4 - Vista das áreas em estudo através de imagem de satélite.....	30
Figura 5 - Início da abertura das trincheiras.....	32
Figura 6 - Coleta de amostras com anel volumétrico na camada intermediária.....	33
Figura 7 - Anéis em fase de acabamento para posteriormente serem saturados.....	33
Figura 8 - Determinação das frações texturais pelo método do Densímetro de Bouyoucos.....	34
Figura 9 - Frações texturais médias encontradas nas camadas superficial, intermediária e inferior das áreas irrigadas do município de Dom Pedrito (RS).....	39

Figura 10 -Valores em percentuais de macroporosidade, microporosidade e porosidade total obtidos em cada área irrigada na camada de 0 a 20cm.....	41
Figura 11- Média de valores de densidade do solo nas três profundidades das áreas em estudo.....	44
Figura 12 - Produtividade de azevém da área em relação à encontrada no Rio Grande do Sul.....	53
Figura 13 - Produtividade média de milho da área em relação à obtida no Estado em áreas irrigadas.....	53
Figura 14 - Produtividades médias de azevém, trevo vermelho e cornichão da área relacionadas às médias do Estado.....	55
Figura 15 - Produtividades médias de soja e milho da área relacionada às médias do Estado.....	56

1 INTRODUÇÃO

Em vista da crescente demanda de alimentos pela população mundial é evidente a preocupação do meio agrícola em cada vez produzir mais alimentos para suprir tal necessidade. Muitos produtores creem na teoria que para um aumento de produção basta possuírem uma alta tecnologia de mecanização e uma adubação química correta em suas áreas agricultáveis. Entretanto, a água é um fator fundamental à produção das culturas, tendo papel importante nas flutuações de produtividade, principalmente em lavouras não irrigadas e em regiões que apresentam períodos de déficit hídrico.

Atualmente com a variabilidade climática observada na maioria das regiões, principalmente com regimes e volumes de chuva alterados, tem se tornado cada vez mais importante o uso da irrigação para minimizar as situações de deficiência hídrica e garantir de bons rendimentos e produtividades. O déficit hídrico afeta negativamente a produtividade e por consequência minimiza o lucro dos produtores, comprometendo toda a cadeia de produtos de origem animal e vegetal (AZAMBUJA, 1996).

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2006), nos últimos anos o uso da irrigação no Rio Grande do Sul está em crescente implantação, tendo-se observado um expressivo incremento na área irrigada por aspersão no Estado, com estimativas recentes que apontam para uma área superior a 75 mil ha, irrigados por pivô central.

Para aumentar a disponibilidade de água aos cultivos agrícolas e a conservação dos recursos solo e água tem-se utilizado sistemas de cultivo conservacionistas, como o plantio direto, que determina a manutenção dos resíduos vegetais sobre a superfície do solo e o seu mínimo revolvimento. Esse sistema causa redução nas perdas por erosão, diminui o escoamento superficial, elevando assim a taxa de infiltração, além de proporcionar outros benefícios, como a diminuição na amplitude térmica do solo, retenção de maior quantidade de água e maiores rendimentos dos cultivos agrícolas (BRAGAGNOLO e MIELNICZUCK, 1990; FREITAS et al., 2004).

O conhecimento das características físico-hídricas do solo é importante para a realização de um manejo adequado da irrigação, pois elas influenciam diretamente o armazenamento de água no solo e sua disponibilidade às plantas.

Atributos como textura, porosidade, densidade e capacidade de retenção de água do solo possuem papel crucial para um equilíbrio físico-hídrico dos solos. Estas propriedades podem sofrer alterações de acordo com o manejo realizado nas áreas cultivadas, sendo estes alguns fatores que podem influenciar: o tráfego de máquinas e implementos, o sistema de cultivo do solo (preparo convencional ou sistema de plantio direto), pisoteio animal, entre outros que podem gerar alterações na estrutura dos solos. As áreas irrigadas caracterizam-se pelo intenso uso do solo, visto que a água é o fator limite para a produção, sendo estas áreas mais susceptíveis a estes fatores que degradam os solos.

Devido à importância do tema, o objetivo geral deste trabalho foi avaliar a qualidade física de solos irrigados por aspersão em três áreas que utilizam o sistema de pivô central no município de Dom Pedrito-RS. Para isso, foram objetivos específicos deste estudo: (I) determinar as características físico-hídricas do solo; (II) estabelecer parâmetros críticos de macroporosidade e densidade do solo para avaliar a compactação do solo; (III) caracterizar o manejo empregado nas áreas irrigadas e; (IV) relacionar os resultados da caracterização físico-hídricas do solo com o manejo empregado nas áreas irrigadas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Origem e definição de solo

De acordo com Leinz e Amaral (1974), a origem do solo se dá ao final do processo de intemperismo das rochas, tendo condições físicas, químicas e biológicas que permitam o desenvolvimento da vida vegetal junto a atividades de micro-organismos em mútua associação com a vida de vegetais mais desenvolvidos.

O solo pode ser definido como um corpo natural, sujeito a evolução, resultante da ação conjunta do clima e seres vivos sobre as rochas, de acordo com determinadas condições topográficas, em um determinado período de tempo (CERQUEIRA, 1985).

De acordo com Guerra (1979), solo é designado pela camada superficial de terra arável possuidora de vida microbiana, sendo o único ambiente onde se encontram reunidos em associação íntima os quatro elementos. A litosfera representada pela parcela de rochas e material mineral, hidrosfera pela fração de água encontrada no solo, a atmosfera pela parte ocupada pelo ar e a biosfera representada pelos micro-organismos vivos residentes e formadores do mesmo.

Segundo Klar (1984), a definição de solo corresponde por um sistema poroso constituído por partículas sólidas e volume de vazios, que podem ser ocupados pelo ar e pela água, assim exercendo a função de armazenador de nutrientes e água para o desenvolvimento de cultivos.

2.2 Qualidade dos solos agrícolas

Conforme Kiehl (1979), um solo agrícola para possuir alto padrão de qualidade deve possuir 45% de seu volume de matéria mineral, 5% de matéria orgânica, 25% ocupado por água e 25% constituído por ar.

Para Reinert, Reichert e Silva (2001), a matéria orgânica é um dos melhores indicadores de qualidade dos solos agrícolas, pois é relacionada diretamente com inúmeras propriedades físicas, químicas e biológicas de constituição do mesmo. Assim como Altieri (2002), retrata que, apesar da matéria orgânica se encontrar normalmente numa faixa de 1 a 5% na maioria dos tipos de solos, quando bem manejada, a sua quantidade e qualidade proporciona uma melhora nas propriedades

físicas e químicas do solo, deste modo colaborando para um aumento da disponibilidade de nutrientes para os cultivos e um melhor desenvolvimento da diversidade biológica do mesmo.

Um solo de boa qualidade é aquele capaz de estar em equilíbrio não só para manter a sua produtividade biológica e, assim, produzir grãos, leite, carne e fibras, mas, também, para exercer serviços ambientais importantes, como a ciclagem de nutrientes, sequestro de carbono, a fixação biológica de nitrogênio, controle biológico de pragas e doenças, além de contribuir para o armazenamento e filtragem da água (MENDES e REIS JUNIOR, 2004).

2.3 Importância do conjunto água - solo

Para desenvolver suas funções em relação às plantas, o solo possui uma necessidade de certa quantidade de água, tendo por função o transporte de nutrientes e, através da transpiração, atua como refrigerador das folhas, além de ter outras finalidades, como participar ativamente do metabolismo vegetal e da composição e atividade da população microbiana do solo (KLAR, 1984).

De acordo com Kiehl (1979), o solo é a principal fonte de água para as plantas, recebendo-a principalmente por meio das precipitações naturais ou por intermédio de irrigações feitas pelo homem. Sendo assim, afirma que a produção agrícola é proporcional à água do solo disponível às culturas, uma vez que as plantas dela necessitam para elaborar os carboidratos, para manter a hidratação do protoplasma e ainda utilizando-a como meio de transporte de nutrientes e elementos minerais.

A quantidade de água no solo é muito variável, pois depende dos fatores meteorológicos de cada região e do tipo de solo. Quando a água infiltra ocupa espaços porosos que continham ar, diminuindo assim a percentagem do mesmo, onde em períodos de estiagem, o teor de água no solo diminui e o de ar aumenta (CERQUEIRA, 1985).

As propriedades físicas como textura, distribuição, diâmetro dos poros e estrutura do solo são diretamente ligadas à variação e quantidade de água armazenada no mesmo, sendo assim os tipos de solo e as qualidades de partículas de argila são responsáveis pela interação que se estabelece entre a água e as

frações sólidas, resultando na energia de retenção do solo (REICHARDT e TIMM, 2008).

2.4 Atributos físico-hídricos do solo

2.4.1 Densidade do solo

A densidade é um importante atributo físico do solo, pois através dela são fornecidos parâmetros a respeito do estado de conservação do mesmo, sendo uma das primeiras propriedades a ser alterada pelos diferentes usos e tipos de manejo do solo. É largamente utilizado na avaliação da compactação ou também chamado adensamento dos solos (CAMARGO, 1983).

No Brasil, os três principais métodos adotados e mais utilizados para determinação da densidade são: o do cilindro (ou anel) volumétrico, o do torrão impermeabilizado e o da proveta (EMBRAPA, 1997).

Os métodos empregados na determinação da densidade fundamentam-se na obtenção de dois dados principais, sendo eles a massa e o volume de uma amostra de solo. A massa é determinada pesando-se a amostra depois de seca em estufa a 110°C e o volume é concebido com o emprego de várias técnicas sendo a mais utilizada com o uso de um anel de aço com volume conhecido (KIEHL, 1979).

Segundo Reichardt e Timm (2008), a densidade do solo pode ser usada como um índice de compactação. Como o solo é um material poroso, por compressão a mesma massa do solo pode ocupar um volume menor. Afeta, assim, a sua estrutura, o arranjo e volume dos poros e as características de retenção de água.

2.4.2 Densidade de partículas

Conforme Kiehl (1979), a definição de densidade de partículas é entendida como a relação existente entre a massa de uma amostra de solo e o volume ocupado pelas suas partículas sólidas, sendo também designada por densidade real, peso do volume de sólidos e massa específica real.

Os métodos para determinação mais frequentes utilizados para a determinação da densidade de partículas são o do balão volumétrico e o uso do picnômetro com água (EMBRAPA, 1997).

O valor da densidade real dos solos varia dentro de limites muito próximos, oscilando entre 2,4 a 2,9 gramas por centímetro cúbico, sendo que os solos originados de rochas mais ricas em minerais pesados atingem valores elevados, já os solos que se derivaram a partir de rochas areníticas possuem valores mais baixos de densidade (JORGE, 1985).

2.4.3 Textura do solo

A textura do solo tem por definição a distribuição das partículas de acordo com o tamanho envolvendo conotações quantitativas e qualitativas. Quantitativamente, envolve as proporções relativas aos vários tamanhos das partículas, cujas frações texturais básicas são a areia, o silte e a argila (KLAR, 1984).

De acordo com Araújo et al. (2003), a textura do solo corresponde à proporção relativa em que se encontram os diferentes tamanhos de partículas, em determinada massa de solo. Refere-se, especificamente, às proporções relativas das partículas ou frações de areia, silte e argila na terra fina seca ao ar. Consiste na propriedade física do solo que menos sofre alteração ao longo do tempo. Possui grande importância na irrigação, pois tem influência direta na taxa de infiltração de água, na aeração e na capacidade de retenção de água.

Segundo Reichardt (1987), a textura do solo, principalmente o teor de argila, define em boa parte a distribuição do diâmetro dos poros do solo, determinando assim a área de contato entre as partículas sólidas e a água, sendo por isso responsável pela força de retenção de água dos solos.

A análise textural dos solos é realizada normalmente por dois métodos sendo eles: o da pipeta e o método do densímetro de Bouyoucos. O primeiro é especialmente indicado para a análise da argila, podendo também determinar o percentual de silte (KIEHL, 1979).

2.4.4 Estrutura do solo

Denomina-se estrutura do solo o arranjo das partículas individuais do mesmo. A estrutura do solo possui grande importância principalmente por ser ligada à adsorção e movimento de água no solo, aeração, penetração das raízes, facilidade

de manejo e erosão. Solos bem estruturados são fáceis de trabalhar, permitem uma boa infiltração de água, resultando em maior armazenamento de água no solo, aumentando assim, a eficiência da irrigação (AZAMBUJA, 1996).

De acordo com Klar (1984), a estrutura do solo começa a se formar através da fragmentação das rochas de origem dos solos, sendo que a acumulação de colóides, a formação de húmus e a atividade microbiana, contribuem para a agregação do solo. Por isso, a estrutura do solo é facilmente alterada no decorrer do tempo em função das condições ambientais, biológicas e de manejo, diferentemente da textura que é uma propriedade estática.

Solos bem manejados tendem a uma melhora na sua condição estrutural. Condições favoráveis de estrutura do solo possibilitam às plantas crescerem com a máxima eficiência, resultando em uma alta produtividade (JORGE, 1985).

2.4.5 Porosidade do solo

A porosidade de um solo pode ser definida como sendo o volume de vazios ou ainda o espaço não ocupado pelos conjuntos minerais e orgânicos do solo (KIEHL, 1979).

A porosidade do solo corresponde ao volume do solo não ocupado por partículas sólidas, sendo este todo o espaço poroso ocupado pelo ar e água. A porosidade total inclui a macroporosidade e a microporosidade (CURI et al., 1993).

Segundo Klar (1984), o tipo de manejo do solo e das culturas afeta o espaço poroso do solo; quanto maior a porosidade maior será a capacidade do solo de armazenar água. Assim, os solos de textura fina possuem, via de regra, maior capacidade de retenção e disponibilidade de água para as culturas que os de textura grosseira.

Porosidade do solo é dependente da textura, do grau de compactação do solo e do teor de matéria orgânica. Assim, solos arenosos, compactados ou pobres em matéria orgânica apresentam menor porosidade total. Em geral solos arenosos apresentam porosidade total de 35 a 50%, predominando macroporos, já os solos argilosos apresentam porosidade total de 40 a 60% tendo predomínio de microporos (AZAMBUJA, 1996).

A porosidade total tem apresentado alta relação com a compactação e a resistência à penetração do solo, as quais tendem a aumentar com a diminuição do espaço poroso (MERCANTE, OPAZO e SOUZA, 2003).

Pode se melhorar a porosidade do solo pela adição de matéria orgânica, a qual reduz a sua densidade e conseqüentemente aumenta os espaços vazios, ou também por intermédio de uso mecânico de escarificadores e subsoladores. A utilização de algumas culturas que tenham vasto sistema radicular, pode reduzir a densidade do solo, aumentando a macroporosidade em maior proporção do que a porosidade total, melhorando a porosidade de aeração junto ao sistema radicular das mesmas (KIEHL, 1979).

2.4.6 Conteúdo de água do solo

Segundo Kiehl (1979), o teor de água do solo, também conhecido por umidade, pode ser entendido como a quantidade de água retirada de uma amostra de solo submetida à secagem em estufa a 105°C, até obter massa constante. O conteúdo de água retido no solo em determinada tensão é característica específica de cada solo e é resultado da ação conjunta e complexa de vários fatores. Este depende do teor de mineralogia da fração argila, do teor de matéria orgânica, das diferenças da microestrutura com elas relacionadas (REICHARDT, 1987).

A umidade do solo pode ser expressa de várias maneiras, como em relação à massa de sólidos do solo, geralmente chamada de base em solo seco, sendo considerado seco quando colocado em estufa a 105-110°C até peso constante da amostra. Também pode ser expressa em base de volume ou teor volumétrico de água baseando-se assim no volume total do solo (KLAR, 1984).

Azambuja (1996) retrata que a nutrição das culturas se dá por absorção dos nutrientes do solo através dos pêlos absorventes presentes nas raízes, sendo que essa absorção só ocorre em presença de umidade nos solos agrícolas.

Segundo Miranda et al. (2001), a determinação da umidade se constitui como fundamental ferramenta nos estudos relacionados à movimentação de água nos solos e é forte aliada no controle e manejo da irrigação, pois o controle da umidade indica em que condições hídricas o solo se encontra.

2.5 Implicações do manejo na qualidade física dos solos

O manejo do solo envolve todas as operações de cultivo, como aração, gradagem, plantio, subsolagem e outras necessárias para a introdução das culturas no solo. Com a realização de um manejo correto será possível manter a alta produtividade e fertilidade dos solos, minimizando a erosão, a lixiviação de nutrientes, a compactação assim conservando a água disponível para as plantas em suas fases fisiológicas de crescimento e produção (JORGE, 1985).

No manejo do solo, a primeira e talvez a mais importante operação a ser realizada seja o seu preparo. Longe de ser uma tecnologia simples, compreende um conjunto de práticas que, quando usado racionalmente, pode permitir uma alta produtividade das culturas a baixos custos, mas em contrapartida pode também, quando usado de maneira incorreta, levar rapidamente um solo à degradação física, química e biológica, diminuindo assim o seu potencial produtivo (MENDES e REIS JUNIOR, 2004).

De acordo com Tavares Filho et al. (1999), o uso agrícola intensivo, empregando práticas tradicionais de manejo, evidencia a necessidade de uma nova postura a respeito de tais práticas, uma vez que os efeitos físicos decorrentes acabam assumindo uma grande importância na qualidade dos solos, não apenas relacionado a quantidade de elementos nutritivos, mas também as condições físicas que as raízes encontram no corpo do solo.

A intensa utilização do solo com uso de maquinário pesado, aliado a condições inadequadas de umidade, causam o aumento da compactação dos solos, a qual é um processo resultante de pressões recebidas em uma determinada área decorrida da mecanização ou também pelo pisoteio animal (REINERT, REICHERT e SILVA, 2001).

O encadeamento de atividades com máquinas após o revolvimento do solo no preparo para o cultivo também constitui um fator que tem aumentado a compactação dos solos agrícolas (CAMARGO e ALLEONI, 1997).

Segundo Tavares Filho et al. (2001), a compactação do solo reduz a porosidade, a continuidade dos poros e a disponibilidade de água e nutrientes, reduzindo também o crescimento e o desenvolvimento radicular das culturas.

A porosidade e a densidade, mesmo não sendo propriedades que recebem maior impacto com a modificação da estrutura dos solos, têm sido amplamente

utilizadas na análise de qualidade da estrutura dos mesmos, pois são métodos de fácil determinação e por receberem mínima influência da umidade do solo no momento de coleta (REICHERT, REINERT e BRAIDA, 2003).

Conforme Jorge (1985), a compactação altera a infiltração de água no solo, e conseqüentemente pode aumentar a erosão, em função do aumento do escoamento superficial da água sobre o terreno, atuando também desfavoravelmente no crescimento das raízes. Ainda, segundo este o autor, em faixas compactadas a distribuição das raízes em culturas de soja e milho fica seriamente afetada.

2.6 O sistema de plantio direto e sua relação com a compactação do solo

O plantio direto tem por base um sistema de cultivo onde é executada uma mínima movimentação do solo, limitando-se assim a colocação da semente em um sulco ou cova em uma superfície onde os resíduos da cultura anterior são mantidos. Eliminam-se assim as etapas de aração, gradagem, escarificação e outras operações utilizadas no sistema de plantio convencional, sendo que no sistema de plantio direto (SPD) as ervas daninhas são combatidas por meio de herbicidas (JORGE, 1985).

De acordo com Jorge (1985), algumas vantagens do SPD em relação ao plantio convencional são: o controle da erosão, economia de combustível, rapidez e otimização do plantio e uma maior retenção de água pelo solo. Conforme o autor, este sistema possui como desvantagens o alto custo com herbicidas, a dificuldade de controle de invasoras e, com o decorrer do tempo, a compactação das camadas mais superficiais do solo.

Para Tormena, Roloff e Sá (1998), o plantio direto é uma técnica eficiente no controle das perdas de solo e água, razão por que, juntamente com outras vantagens que o sistema oferece, tem sido adotado por um número cada vez maior de agricultores. No entanto, apesar das inúmeras vantagens, alguns fatores têm causado frustrações com a adoção dessa tecnologia, motivando o retorno ao sistema convencional de preparo do solo, dentre estes, destaca-se a excessiva compactação do solo em superfície, decorrente da ausência de revolvimento do solo e da ocorrência sistemática do tráfego de máquinas e implementos.

A compactação do solo tem se constituído um dos principais problemas do SPD, tendo como consequência a queda na produtividade das culturas, devido, principalmente, ao impedimento mecânico do crescimento das raízes (TORMENA, ROLOFF e SÁ, 1998).

De acordo com Reinert, Reichert e Silva (2001), no sistema de plantio direto a faixa de solo em maior estado de compactação encontra-se entre 8 e 15 centímetros de profundidade.

Genro Junior et al. (2004) afirmam que no sistema de plantio direto há uma maior compactação nas camadas superficiais, comparado aos sistemas que envolvem a mobilização do solo entre 0,20 e 0,30 m de profundidade. Segundo Jorge (1985), o SPD tende a aumentar a densidade e microporosidade dos solos, assim diminuindo o número total de poros e macroporos na faixa de profundidade de 15 centímetros, devendo isso ao não revolvimento do solo do sistema.

Conforme Secco et al. (2004), no sistema plantio direto, o processo de compactação é tido como resultado do efeito cumulativo do tráfego de máquinas e da ausência de revolvimento, promovendo efeito negativo nos atributos físicos do solo, diminuindo seu potencial de aeração e retenção de água, e também acarretando um desenvolvimento radicular das culturas deficiente.

Para Collares et al. (2006), em função da compactação, há alteração estrutural do solo devido à reorganização das partículas e de seus agregados, o que aumenta a densidade e resistência do solo à penetração reduzindo a macroporosidade, inibindo assim o crescimento e o desenvolvimento radicular das plantas.

Em um experimento realizado para avaliar a resposta do milho em Latossolo Vermelho com SPD à compactação do solo em diferentes condições de irrigação, Jesuino Junior et al. (2008), verificaram que além de o manejo de plantio direto empregado na área analisada, os diferentes índices de irrigação utilizados no estudo também influenciaram na compactação do solo.

2.7 Irrigação

2.7.1 Definição

Denomina-se irrigação o conjunto de técnicas destinadas a deslocar a água no tempo ou no espaço para modificar as possibilidades agrícolas de cada região. A irrigação visa corrigir a distribuição natural das chuvas (DAKER, 1988).

De acordo com Bastos (1991), a irrigação nada mais é que um conjunto de técnicas aliadas às necessidades de segurança econômica do produtor rural, tornando-se cada vez mais uma realidade na agricultura, assim para se obter bons resultados com o uso da irrigação é necessário ter conhecimento para escolher adequadamente o método a ser empregado de acordo com a cultura a ser implantada em determinada área.

Irrigação é basicamente uma operação agrícola, suprimindo a necessidade de água da planta, não funciona em separado, mas sim integrada com outras operações agrícolas, de forma benéfica ou prejudicial, dependendo de como é manejada (WITHERS e VIPOND, 1977).

2.7.2 Principais métodos de irrigação

Os métodos para aplicar a água ao solo podem ser divididos em três grupos, por meio da maneira que a água é distribuída no terreno, sendo eles o de aspersão, superfície e localizada (REICHARDT, 1978).

Conforme Bernardo (1995), a escolha dos métodos de irrigação a serem usados em uma determinada área deve ser baseada na viabilidade técnica e econômica do projeto aliado as necessidades hídricas e características fisiológicas da cultura a ser irrigada.

2.7.2.1 Irrigação por aspersão

A irrigação por aspersão é o método em que a água é aspergida sobre a superfície do solo, assemelhando-se a uma chuva. O jato de água e seu fracionamento são obtidos pela passagem desta substância sob pressão por pequenos orifícios ou bocais, sendo conduzida por motobombas, tubulações e

aspersores de diversas capacidades e características construtivas (BERNARDO, 1995).

De acordo com Bernardo (1995), quanto mais grossa for a textura do solo, maior será a vantagem do uso da irrigação por aspersão, sendo que solos arenosos e franco-arenosos possuem alta capacidade de infiltração de água, porém irão requerer irrigações mais frequentes que os solos que possuem textura mais fina.

Segundo Reichardt (1978), a aplicação de água por aspersão nunca deve ser superior à taxa de infiltração do solo em questão, pois aplicações intensas maiores que a taxa de infiltração provocam escoamento superficial favorecendo o surgimento de erosão.

2.7.2.2 Irrigação por superfície

A irrigação por superfície é aquela na qual a aplicação de água é feita diretamente no nível do solo ou em parcelas unitárias do mesmo, por meio de diques ou canais, alagando o terreno de maneira uniforme permanecendo assim um período de tempo para que a água infiltre no solo até a profundidade explorada pelas raízes das culturas (BASTOS, 1991).

Este método requer que a água se acumule no solo de tal forma que a taxa de aplicação exceda a taxa de infiltração do mesmo, para que a água se espalhe rapidamente sobre a área desejada, prevenindo assim uma percolação profunda muito grande (REICHARDT, 1978).

2.7.2.3 Irrigação localizada

Irrigação localizada compreende as técnicas de irrigação nas quais a água é aplicada ao solo diretamente sobre a região radicular das plantas, sendo em pequenas quantidades, mas com alta frequência, de modo que mantenha a umidade do solo na zona radicular próxima a capacidade de campo do solo (BERNARDO, 1995).

2.7.3 Irrigação no Brasil

Constituindo uma técnica que proporciona alcançar máxima produção em complementação às demais práticas agrícolas, a irrigação tem sido alvo de considerável interesse no Brasil, principalmente nas regiões Nordeste e Centro-sul do País (CHRISTOFIDIS, 1999).

Segundo o último Censo Agropecuário (IBGE, 2006) aumentou em 39% o número de estabelecimentos que utilizam a irrigação e em 42% na área irrigada, em comparação com o último censo, realizado em 1996. O levantamento também mostrou que a área irrigada no Brasil é de 4,45 milhões de hectares, o equivalente a 7,4% da área total das lavouras nacionais.

O método de irrigação por aspersão com sistema de pivô central tem proporcionado um significativo avanço da agricultura irrigada no Brasil. A grande aceitação do equipamento se deve às suas características, que permitem a irrigação mecanizada de extensas áreas, mesmo de topografia irregular, facilidade de utilização de práticas de quimigação, estrutura que não interfere nas operações agrícolas e, em relação ao manejo, possibilidade de aplicação de pequenas lâminas a intervalos reduzidos, além da grande vantagem de após completar um ciclo de irrigação, está no lugar exato para reiniciar outro ciclo (FOLEGATTI, PESSOA e PAZ, 1998).

2.7.4 Irrigação por meio de pivô central

Conforme Bernardo (1995), o pivô central é um sistema de movimentação circular, autopropelido a energia hidráulica ou elétrica. É constituído, em geral, de uma linha com vários aspersores, de 200 a 800 metros de comprimento, com tubos de aço de acoplamento especial, suportada por torres dotadas de rodas, nas quais operam os dispositivos de propulsão do sistema, imprimindo à linha de movimento de rotação, em torno de um ponto ou pivô que lhe serve de sustentação e de tomada de água para o sistema, como pode ser visualizado na Figura 1.

Figura 1 - Base do pivô com sistema de tomada de água e caixa de controle central



Fonte: Registro fotográfico do autor, 2011.

O pivô central é um sistema de irrigação constituído por uma linha móvel de aspersão, sustentada por torres metálicas que se movimentam, girando em torno de um ponto fixo. Portanto, o equipamento irriga uma área circular, que pode atingir até 200 hectares. Além disso, à medida que se afasta do pivô, a área irrigada aumenta, sendo necessária uma maior vazão por unidade de comprimento a fim de se ter uma aplicação uniforme de água (CARVALHO e SILVA, 2007).

2.7.4.1 Vantagens da irrigação com pivô central

Segundo Bernardo (1995), as principais vantagens do uso de pivô central são: a economia de mão de obra para efetuar a irrigação, economia de tubulações quando é usada água subterrânea, o sistema mantém o mesmo alinhamento e velocidade de movimentação em todas as aplicações e ainda relacionado a uniformidade este sistema se bem dimensionado possui uma boa uniformidade de aplicação de água sobre os cultivos.

2.7.4.2 Desvantagens da irrigação com pivô central

Conforme Bastos (1991), o sistema de pivô possui algumas limitações e desvantagens sendo as principais: o alto custo de obtenção do equipamento e não é recomendado para irrigar áreas quadradas ou retangulares, pois perdem-se os cantos. Ainda possui uma alta taxa de aplicação de água nas extremidades do pivô, podendo provocar assim um escoamento superficial, com a possibilidade de formação de erosão e colaborando para um desperdício de água.

2.7.5 Uso de pivô central na irrigação de pastagens

A distribuição de água de maneira artificial em pastagens por meio de irrigação é a garantia para se produzir como planejado, sem que a falta de chuvas altere os índices de produtividade e de rentabilidade previamente estabelecidos. Entretanto, a utilização dessa tecnologia para exploração de pastagens no Brasil ainda é bastante empírica, sendo às vezes até casual (RASSINI, 2003).

A estacionalidade de forrageiras está diretamente relacionada, dentre outros fatores, ao manejo da adubação, temperatura, luz e quantidade de água fornecida à cultura. Neste contexto, a irrigação de pastagens surge como uma tentativa para minimizar as perdas de produtividade pela sazonalidade, eliminando o efeito do estresse hídrico sofrido pela cultura durante a época das secas e mantendo a taxa de lotação de animais das áreas pastoris (AZEVEDO e SAAD, 2009).

Pecuaristas de várias regiões do Brasil vêm adotando o sistema de irrigação por aspersão tipo pivô-central, em pastagens formadas por gramíneas (XAVIER et al., 2004).

Nos anos de 1998 e 2002, foram implantados aproximadamente 120 equipamentos de pivô central nos Estados de Goiás e Mato Grosso do Sul, totalizando uma área de 10.000 ha de pastagens irrigadas para produção de bovino de corte (PINHEIRO, 2002). Segundo Andrade (2000), a produção de bovinos em pastagens irrigadas por pivô central é uma tecnologia que vem sendo crescentemente adotada pelos pecuaristas, notadamente por aqueles que já dispõem de um nível tecnológico elevado e que possuem também elevada capacidade gerencial e de investimentos, como forma de aumentar a produtividade da sua atividade.

Segundo Mezomo (2009), a irrigação também pode auxiliar a sobressemeadura que é o plantio de uma ou mais espécies forrageiras de inverno (aveia, azevém, etc.) em uma área de pastagem formada por uma espécie tropical. O plantio é feito geralmente entre março e maio na região Sul do Brasil, sendo que para o sucesso a sobressemeadura de espécies forrageiras de inverno em pastagens de forrageiras tropicais deve ser conduzida com o uso de irrigação, pois há deficiência hídrica acentuada no período de outono na região Sul do Brasil.

Na Figura 2, pode ser visto o uso do sistema de pivô central para irrigação de pastagem de azevém, trevo e cornichão.

Figura 2 - Pastagem de azevém, trevo e cornichão com sistema de irrigação por meio de pivô central



Fonte: Registro fotográfico do autor, 2011.

2.7.6 Irrigação com pivô central no estado do Rio Grande do Sul

De acordo com Mezomo (2009), nos últimos anos, o Rio Grande do Sul vem sofrendo com os efeitos das sucessivas estiagens. De cada dez anos, sete

apresentam deficiências hídricas, as quais prejudicam a produção agrícola, a criação de bovinos, suínos e aves e, até mesmo, comprometendo o abastecimento humano em algumas regiões. Mesmo em regiões com alto volume de precipitação (de 1.400 a 1.600 mm anuais), ocorre escassez na época de estiagem, principalmente nas atividades de produção agropecuária. Isso se deve ao fato de que poucas propriedades utilizam práticas de armazenamento de água e sistemas de irrigação.

A deficiência hídrica no Estado ocorre principalmente nos meses de dezembro a março, justamente nos meses de intensa produção agropecuária, enquanto os excedentes ocorrem nos meses de maio a outubro, quando se demanda pouca água para irrigação, portanto com a prática da irrigação por meio do sistema de pivô central nas regiões com maior demanda hídrica, a produção agropecuária pode dobrar ou triplicar, compensando os custos dos investimentos com o sistema empregado (DANIEL, FARINA e GOMES, 2012).

2.8 Degradação do solo em áreas irrigadas

De acordo com Andrade et al. (2002) a agricultura irrigada, tem pressionado o meio ambiente de forma dramática com impactos que podem conduzir à degradação dos solos, com perdas parciais ou totais da produtividade.

As áreas irrigadas são caracterizadas pela intensificação dos cultivos e, por consequência, por uma intensa utilização do solo. Isso resulta em uma maior pressão de degradação da estrutura do mesmo, ocasionando muitas vezes a compactação dos solos (MICHELON, 2005).

Em um estudo sobre o crescimento e produção do algodoeiro irrigado sob diferentes sistemas de preparo de solo realizado por Sofiatti et al. (2009), foi constatado que nos perímetros irrigados o uso do solo é intensivo, e nas áreas onde são normalmente feitos dois ou três cultivos anuais dependendo do ciclo das culturas implantadas, o manejo do solo quando feito de forma inadequada. Esse mau manejo pode ocasionar a degradação das propriedades químicas e físicas do solo. Dessa forma, o sistema de preparo a ser utilizado em áreas irrigadas deve ter o princípio de minimizar a ocorrência de compactação das camadas subsuperficiais do solo e conseqüentemente, reduzir o processo de degradação.

2.9 Principais formas de compactação em solos irrigados

2.9.1 Tráfego de máquinas

Nas áreas de exploração agrícola com irrigação verifica-se, ao contrário das áreas dependentes de chuva, a utilização da alta tecnologia nas suas produções com contínuo e intenso tráfego de máquinas, o que provoca, ao longo do tempo, a compactação do solo e intensificação do processo de adensamento, característicos aos solos destas áreas, independentemente do tipo de exploração a que estão submetidas (EMBRAPA, 2007).

Durante sua pesquisa de mestrado, Michelon (2005) avaliou a qualidade física de solos irrigados do Rio Grande do Sul e do Brasil central, citando que o principal efeito negativo ao solo em áreas irrigadas refere-se ao tráfego de máquinas, que além de ser mais intenso, ocorre em solo com maior conteúdo de água, sendo assim mais suscetível à ocorrência do fenômeno de compactação.

Em experimento sobre a compactação de um Latossolo induzida pelo tráfego de máquinas e sua relação com o crescimento e produtividade de feijão e trigo, Collares et al. (2008) mencionam que, nos dias atuais a mecanização agrícola com máquinas cada vez mais pesadas favorecem a compactação principalmente quando o tráfego ocorre em determinada condição de umidade que pode superar a capacidade de suporte do solo, promovendo a deformação e o aumento do estado de compactação do mesmo.

2.9.2 Pisoteio animal

O uso sustentável das áreas agrícolas depende de um planejamento adequado de sua utilização e, nesse sentido, a integração lavoura/pecuária, com o uso de pastagens cultivadas, têm um papel importante no aproveitamento intensivo dessas áreas no período de inverno, fazendo-se necessário, no entanto, conhecer os efeitos do pisoteio animal sobre as características físicas do solo (VZZOTTO, MARCHEZAN e SEGABINAZZI, 2000)

Os atributos físicos dos solos manejados sob intenso pisoteio animal se alteram, podendo interferir no crescimento e desenvolvimento das pastagens nativas ou implantadas. A compactação do solo pelo pisoteio pode ocorrer devido à umidade

elevada do solo durante o pastejo, ao sistema contínuo de pastejo, à alta carga animal e à reduzida massa de forragem nas áreas (SANTI et al., 2004).

Albuquerque, Sangoi e Ender (2001), em um experimento realizado em área de campo no município de Lajes-SC, para mensurar as modificações nas propriedades físicas do solo e as características da cultura do milho, em área submetida ao sistema de preparo convencional e plantio direto, com pisoteio animal durante o inverno, comparando com as propriedades físicas do sistema mata nativa, verificaram que, a compactação imposta pela integração lavoura-pecuária reduziu os macroporos e, conseqüentemente, a condutividade hidráulica saturada, aumenta a resistência à penetração. De acordo com estes autores, deve-se retirar os animais da área de lavoura-pecuária, quando o solo estiver com umidade acima do ponto de friabilidade.

Em estudo Torres et al. (2012), com objetivo de avaliar a influência do pisoteio bovino na resistência mecânica a penetração numa pastagem constituída de capim Tifton 85, com e sem irrigação, em Uberaba-MG, observaram que os maiores índices de resistência à penetração situaram-se na área com irrigação, na profundidade de 0 a 10 cm, juntamente com o aumento no valor da densidade nas camadas superficiais, devido ao pisoteio animal. Estas modificações podem causar a diminuição da macroporosidade, resultando no o acúmulo de água na superfície do solo, como pode ser visto na Figura 3.

Figura 3 – Pisoteio animal e acúmulo de água na superfície do solo em pastagem com irrigação por meio de pivô central



Fonte: Registro fotográfico do autor, 2011.

3 METODOLOGIA

3.1 Delimitação do trabalho

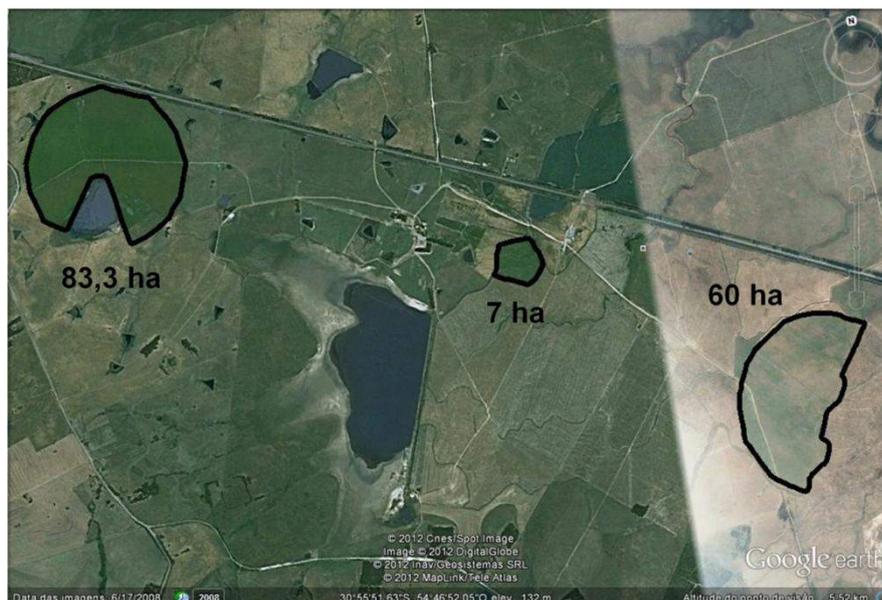
O trabalho foi realizado na Estância Guatambu, localizada às margens da BR-293, Km 263 no município de Dom Pedrito – RS, na região da Campanha.

Pelo sistema internacional de classificação climática de Köppen, o município se enquadra na classificação *cfa*, com temperatura média anual de 16°C e sua precipitação anual média é de 1350 milímetros. Os solos locais são originados de basalto e caracterizam-se por ser pouco intemperizados, em função de haver um equilíbrio entre a evapotranspiração e as precipitações, nesta Região. Dessa forma, em função do material de origem predominam na constituição destes solos partículas de menor diâmetro (argilas) e, em função do grau de intemperismo as argilas são expansivas, do tipo 2:1.

A propriedade está situada nas coordenadas 30°55'28"S 54°46'53"O, a uma altitude de 149 metros em relação ao nível do mar.

Foram analisadas no estudo três lavouras que utilizam o sistema de irrigação por meio de pivô central. A área das mesmas, de acordo com o proprietário é de 7, 60 e 83,3 ha (Figura 4).

Figura 4 – Vista das áreas em estudo através de imagem de satélite



Fonte: Google Earth, 2012.

3.2 Coleta de dados

3.2.1 Levantamento de informações

A metodologia aplicada inicialmente baseou-se na obtenção de informações através de entrevista com o proprietário da fazenda por meio de um questionário, com enfoque no histórico das áreas que foram analisadas para a realização deste trabalho. Além da entrevista, também foram realizadas visitas à propriedade para reconhecimento dos locais de estudo e retiradas de amostras de solo para análises físicas.

Neste levantamento, também foram realizados registros fotográficos das áreas irrigadas pelos pivôs centrais, e das culturas empregadas em cada local.

3.2.2 Diagnóstico das áreas em estudo

O questionário aplicado ao proprietário foi elaborado visando à obtenção de dados, com vistas a relacionar o manejo e a produtividade das áreas avaliadas com as propriedades físico-hídricas dos solos. Foi aplicado o mesmo questionário para as 3 áreas irrigadas, no mês de outubro do ano de 2011, constando de 9 itens descritos abaixo:

1. Qual cultivo que está sendo empregado (ou será cultivado)?
2. Há quanto tempo o local está sob Sistema de Plantio Direto?
3. É realizada rotação de cultura (qual tipo)?
4. Que tipo de maquinário é utilizado (tratores, pulverizadores, semeadoras, colhedoras, etc...)?
5. Qual o tipo de monitoramento de solo que é realizado (análise química, física)?
6. A área é utilizada para produção sementes;Quais são as produtividades médias da área?
7. Como é o monitoramento de irrigação da área para definir o quando e quanto irrigar?

8. A área é utilizada para pastagem (qual é a média de lotação de animais no local)?
9. Já foi realizada na área alguma escarificação, ou subsolagem;

3.2.3 Coleta de amostras para avaliação dos atributos físico-hídricos do solo

Para a realização deste estudo, em virtude do volume de material necessário e, em função da homogeneidade do relevo e do solo nas áreas irrigadas, foi considerada como uma amostra representativa uma trincheira para cada 40 ha de área. Sendo realizada uma trincheira na área de 7 ha e duas trincheiras nas áreas de 60 e 83,3 ha.

As trincheiras tiveram aproximadamente 1 metro de comprimento, 40 centímetros de largura e 80 cm de profundidade (Figura 5), esse perfil de solo foi dividido em camadas de 0-20 cm, 20-50 cm e 50-80 cm, nestas foram realizadas na parte intermediária coleta de amostras de solo com estrutura deformada e indeformada. Em cada trincheira foram coletadas seis amostras de solo, dentre as quais duas na camada superficial, duas na camada intermediária e outras duas na camada inferior.

Figura 5 – Início da abertura das trincheiras



Fonte: Registro fotográfico do autor, 2011.

As amostras indeformadas, ou seja, com estrutura preservada foram coletadas com auxílio de um extrator acoplado a cilindros de metal (anéis), com diâmetro, altura e volume conhecidos, os quais foram utilizados para determinação da porosidade total, macroporosidade, microporosidade e densidade do solo. Na Figura 6 pode ser visto a coleta de amostras indeformadas na camada intermediária da trincheira, e na Figura 7 é demonstrado a retirada dos excessos de solo dos anéis para posteriormente serem levados para saturação.

Figura 6 – Coleta de amostras com anel volumétrico na camada intermediária



Fonte: Registro fotográfico do autor, 2011.

Figura 7 – Anéis em fase de acabamento para posteriormente serem saturados



Fonte: Registro fotográfico do autor, 2012.

Para as análises granulométricas (textura), realizou-se coletas de aproximadamente 100 gramas de solo com estrutura deformada na porção mediana de cada faixa de profundidade.

Após as coletas, o material foi levado para o Laboratório de Agrohidrologia do curso de Engenharia Agrícola da Universidade de Santa Cruz do Sul para determinação das análises conforme os métodos descritos pela EMBRAPA (1997). Sendo utilizado o método do Densímetro de Bouyoucos (Figura 8) para a determinação da textura.

Figura 8 – Determinação das frações texturais pelo método do Densímetro de Bouyoucos



Fonte: Registro fotográfico do autor, 2012.

No laboratório, as amostras de solo não deformadas foram saturadas e colocadas na mesa de tensão a $-0,001$ MPa, durante 48 h e a $-0,006$ MPa no mesmo espaço de tempo; a umidade referente à tensão de $-0,006$ MPa, correspondeu ao percentual de microporos desse solo. A porosidade total (Pt) foi considerada como o conteúdo de água do solo saturado, partindo do pressuposto que todos os espaços porosos estavam saturados quando as amostras foram para a mesa de tensão.

A macroporosidade foi obtida pela diferença entre a porosidade total e a microporosidade, isto sendo utilizado para a camada de 0 a 20 cm.

3.2.4 Parâmetros utilizados para determinação da ocorrência de compactação do solo

Para a avaliação de compactação dos solos foram considerados, como parâmetros, a densidade do solo (D_s) e a macroporosidade. Assim estabeleceu-se valores críticos de densidade do solo e macroporosidade em função do teor de argila conforme Michelin (2005), os quais podem ser visualizados nos Quadros 1 e 2.

Quadro 1 – Valores críticos de densidade do solo de acordo com a faixa de argila dos solos

Faixa de Argila (%)	Densidade do Solo (g/cm^3)
0-20	1,60
20-30	1,55
30-40	1,50
40-50	1,45
50-60	1,40
60-70	1,35
> 70	1,30

Fonte: Michelin, 2005.

Quadro 2 – Valores críticos de macroporosidade do solo de acordo com o teor de argila

Teor de Argila (%)	Macroporosidade (%)
< 30	10
30-50	8
>50	6

Fonte: Michelin, 2005.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Dados das áreas obtidos através da aplicação do questionário

O Quadro 3 mostra as informações de manejo de cada área irrigada de acordo com os itens citados anteriormente no questionário (Pág. 31 e 32).

Quadro 3 – Informações de manejo e produtividade das áreas analisadas

QUESTIONÁRIO	ÁREAS		
	7 ha	60 ha	83,3 ha
1.	Pastagem de azevém, após plantio de milho.	Pastagem azevém, trevo branco e cornichão.	Pastagem azevém, trevo branco e cornichão.
2.	4 anos	1 ano.	A metade da área 4 anos e a outra metade 6 meses.
3.	Sim, pastagem no inverno e milho no verão.	Sim, milho e pastagem cultivada.	Sim, pastagem, milho e soja.
4.	Tratores JD 7505, 7500, MF 265, 275, 297, pulverizadores Jacto 600 I, Stara Tarran 3000 I, semeadora Semeato PAR - 6 linhas.	Tratores JD 7505, 7500, MF 290, 297, pulverizadores Stara Tarran e Montana Ranger 3000 I, colhedora JD 1450, semeadoras Semeato PAR e SHM - 7 linhas e semeadora a lanço.	Tratores JD 7505, 7500, MF 290, 297, pulverizadores Stara Tarran e Montana Ranger 3000 I, colhedora JD 1450, semeadoras Semeato PAR, SHM - 7 linhas e semeadora a lanço.
5.	Análise Química.	Análise Química.	Análise Química.
6.	Não, somente produção de silagem, 40 t/ha	Sim, (milho 130 sc/hectare e azevém 1000kg/ha)	Sim azevém, trevo vermelho e cornichão, azevém: 1000 kg / ha, cornichão: 250 kg /ha e trevo vermelho: 150 kg/ha. Soja: 60 scs / ha, milho: 150 scs.
7.	Acompanhamento meteorológico e observação da umidade do solo	Acompanhamento meteorológico e observação da umidade do solo	Acompanhamento meteorológico e observação da umidade do solo.
8.	Sim, 1,5 cb/ ha de 400 kg de peso vivo	Sim, verão 7 cb /ha e inverno 2 cb / ha.	Sim, 2,5 cb / ha de 400 kg de peso vivo.
9.	Não	Não	Não

Fonte: Elaborado pelo autor, 2012.

Pode-se visualizar no Quadro 3 que as principais variações das três áreas em relação ao manejo se refere a diferenças de tempo que as mesmas se encontram sob o Sistema de Plantio Direto (S.P.D.), onde esse tempo variou de 6 meses na metade da área de 83,3 ha a 4 anos na área de 7 ha. A rotação de culturas é realizada em todas as áreas com predominância do cultivo de milho e pastagem.

Outro ponto importante a ser levado em consideração é que das três áreas duas delas são utilizadas para a produção de sementes, sendo que a de 60 ha é utilizada para produção de sementes de milho e azevém e a de 83,3 ha para a produção de semente de azevém, trevo branco e cornichão. Em relação à mecanização, nas três áreas é utilizada algum tipo de maquinaria agrícola como tratores, pulverizadores, semeadoras e colhedoras.

No aspecto pastoril todas as áreas são utilizadas para pastagem, possuindo uma variação na lotação de animais, onde a área de 7 ha possui uma lotação de 1,5 cabeças ha^{-1} de 400kg de peso vivo, já na de 60 ha a lotação aumenta para 7 cabeças no período de verão e no inverno são utilizadas 2 cabeças ha^{-1} e, na maior área (83,3 ha) é utilizada 2,5 cabeças ha^{-1} com o mesmo peso vivo utilizado na lavoura de 7 ha.

Em relação ao acompanhamento das propriedades físico-químicas do solo, nas três áreas irrigadas são realizadas apenas análises químicas. Outra informação muito relevante é que nenhuma das áreas cultivadas passou por algum processo de escarificação ou subsolagem nos últimos anos.

4.2 Caracterização textural das áreas irrigadas do município de Dom Pedrito (RS)

Conforme apresenta o Quadro 4, pode-se visualizar as classes de textura solo, de acordo com suas frações de areia, silte e argila, encontradas para as profundidades do perfil do solo de 10, 35 e 65 cm em cada trincheira das áreas em estudo.

Quadro 4 – Frações texturais e classes de textura dos perfis de solo analisados

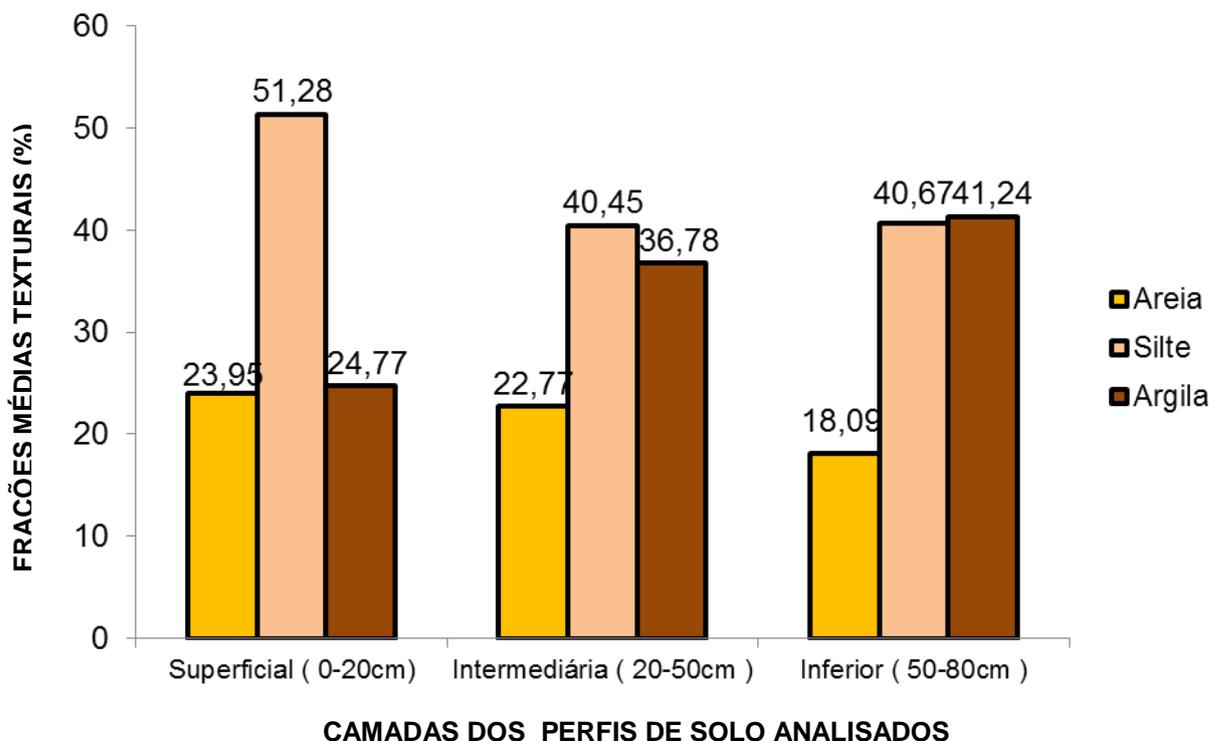
	FRAÇÕES TEXTURAIS			CLASSE TEXTURAL	
		Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	-----
Pivô 7 ha (4 ANOS S.P.D.)	<u>10cm:</u>	28,16	54,16	17,67	Franco
	<u>35cm:</u>	18,18	51,22	30,44	Franco Argiloso
	<u>65cm:</u>	22,37	48,51	29,10	Franco Argiloso
		Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	-----
Pivô 60 ha (Trincheira 1, alto pivô) (1 ANO S.P.D.)	<u>10cm:</u>	22,46	61,28	16,24	Franco Siltoso
	<u>35cm:</u>	28,27	37,00	34,72	Franco Argiloso
	<u>65cm:</u>	18,54	42,57	38,88	Franco Argiloso
		Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	-----
Pivô 60 ha (Trincheira 2, baixo pivô) (1 ANO S.P.D.)	<u>10cm:</u>	22,37	59,93	17,69	Franco Siltoso
	<u>35cm:</u>	19,44	48,56	31,99	Franco Siltoso
	<u>65cm:</u>	24,28	38,28	37,43	Franco Argiloso
		Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	-----
Pivô 83,3 ha (4 anos S.P.D.)	<u>10cm:</u>	18,02	37,13	44,84	Argiloso
	<u>35cm:</u>	16,86	32,74	50,39	Argiloso
	<u>65cm:</u>	2,39	41,38	56,22	Argiloso
		Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	-----
Pivô 83,3 ha (6 meses S.P.D.)	<u>10cm:</u>	28,71	43,84	27,43	Franco Argiloso
	<u>35cm:</u>	31,10	32,74	36,15	Franco Argiloso
	<u>65cm:</u>	22,86	32,61	44,52	Franco Argiloso
		Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	-----

Fonte: Elaborado pelo autor, 2012.

É demonstrado na Figura 9, que as áreas irrigadas amostradas na camada superficial (0-20cm), apresentaram uma variação de teores médios de 23,95% de

areia, 51,28% de silte e 24,77% de argila. Já na camada intermediária (20-50cm) os valores foram de 22,77%, 40,45 e 36,78% para areia, silte e argila, respectivamente. Na camada inferior (50-80cm) os teores obtidos para areia, silte e argila, respectivamente, foram de 18,09%, 40,67% e 41,24%. Assim nota-se que à medida que a profundidade aumenta ocorre uma diminuição do teor de areia e um acréscimo do teor de argila no perfil do solo.

Figura 9 – Frações texturais médias encontradas nas camadas superficial, intermediária e inferior das áreas irrigadas do município de Dom Pedrito (RS)



Fonte: Elaborado pelo autor, 2012.

Em vista dos menores teores de argila na camada superficial do perfil do solo, observado nas três áreas, deve-se considerar que em solos menos argilosos o manejo empregado tendo em vista o uso da mecanização é mais favorecido pela forma de estruturação das partículas que beneficiam a ação dos equipamentos. Em vista do processo de compactação, os solos menos argilosos possuem uma menor suscetibilidade a esse fenômeno, pois suas partículas possuem menor capacidade de coesão que em solos mais argilosos e, também, pelo fato que em solos argilosos a retenção de água é maior, sendo assim quando submetido à mecanização ou

carga animal com umidade elevada o processo de compactação é favorecido. Em um experimento sobre a influência da compactação na produtividade da rebrota de eucalipto Dedecek e Gava (2005), observaram que em nas áreas do estudo onde os solos possuíam um maior percentual de argila os índices de compactação foram maiores que em solos arenosos, influenciando negativamente na produtividade da rebrota de eucalipto.

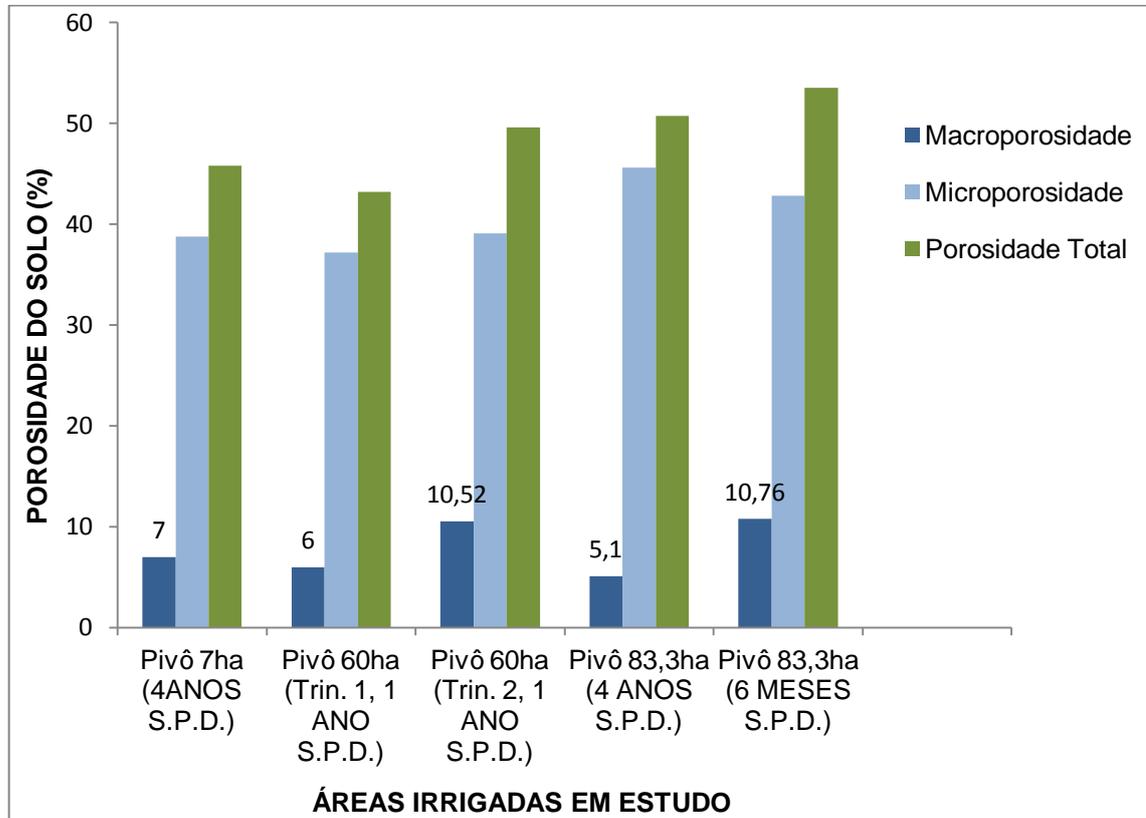
Segundo Araújo et al. (2003), solos de textura média que apresentam certo equilíbrio entre os teores de areia, silte e argila, normalmente, apresentam boa drenagem e boa capacidade de retenção de água, sendo assim adequando-se a todos os tipos de irrigação. Já os solos de textura pesada com teores de argila superiores a 35%, possuem baixa permeabilidade e alta capacidade de retenção de água. Esses solos apresentam maior força de coesão entre as partículas, o que além de dificultar a penetração, facilita a aderência do solo aos implementos, dificultando os trabalhos de mecanização, sendo assim são altamente susceptíveis à compactação, o que merece cuidados especiais no seu preparo, principalmente no que diz respeito ao teor de água do mesmo.

4.3 Análise da macroporosidade, microporosidade e porosidade total encontradas na camada superficial do perfil do solo das áreas em estudo

Os percentuais de macroporosidade, microporosidade e porosidade total encontrados para a camada superficial (0-20cm) dos perfis de solo analisados, podem ser visualizados na Figura 10.

Observa-se uma variação da macroporosidade e da porosidade total em todas as áreas irrigadas, já a microporosidade se manteve em valores não muito distintos nas mesmas. Em relação à macroporosidades pode-se verificar uma diferença nos valores em função do tempo que as áreas estão sob S.P.D., do tipo de manjo empregado nas áreas e do tipo de solo (textura).

Figura 10 – Valores em percentuais de macroporosidade, microporosidade e porosidade total obtidos em cada área irrigada, para a camada de 0 a 20cm de profundidade do perfil do solo



Fonte: Elaborado pelo autor, 2012.

O valor de macroporosidades obtido para a área de 7 ha (4 anos S.P.D.) foi de 7%. Já, na área do pivô de 83,3 ha que possui o mesmo histórico de tempo de plantio direto (4 anos), o dado encontrado foi de 5,1%, esse resultado pode ser atribuído a maior concentração de argila (Quadro 4) na camada superficial do perfil do solo e maior lotação de carga animal utilizada nesta lavoura em relação a lavoura de 7 ha (Quadro 3).

Na outra parte da área de 83,3 ha que está a 6 meses em S.P.D. e que a concentração de argila na camada superficial é menor (Quadro 4), o valor de macroporosidade obtido foi de 10,76%. Como a lavoura de 83,3 ha tem o mesmo uso do solo em toda a área (Quadro 3), pode-se inferir que as duas variáveis que interferem na redução da macroporosidade são os maiores teores de argila na camada superficial e o maior tempo de plantio direto.

Na área de 60 ha, que está há um ano sob S.P.D., na trincheira 1 que foi escavada na parte mais alta do terreno obteve-se o valor de macroporosidade de 6% e, na trincheira 2 localizada na porção mais baixa do terreno o valor obtido foi de 10,52%.

Confrontando os valores de macroporosidade obtidos, com os citados como por Michelin (2005) (Quadro 2) nota-se que na área de 7 ha (4 anos S.P.D.) onde a percentual de argila do solo obtido para a camada superficial foi de 17,67% (Quadro 4), pode-se afirmar que o solo apresenta situação crítica, ou seja, a área está compactada em função da macroporosidade.

Na lavoura de 60 ha (1 ano S.P.D.) a parte representada pela trincheira 1, com o percentual de argila de 16,24%, também apresenta-se em situação crítica em relação a macroporosidade do solo, já na porção representada pela trincheira 2 com percentual de argila de 17,69%, o solo encontra-se em situação normal em relação a macroporosidade.

No pivô de 83,3 ha na área com mais tempo sob S.P.D. e com o percentual de 44,84% de argila na camada de superficial, faixa de argila de 30 a 50%, em que o valor crítico de macroporosidade descrito por Michelin (2005) é de 8%, está com situação crítica em relação à macroporosidade, já a porção com menos tempo de S.P.D., com percentual de argila de 27,43%, situada na faixa de 0 a 30% encontra-se sem problema de macroporosidade crítica.

Em estudo sobre os efeitos da compactação na retenção de água em Argissolos e Gleissolos no Rio Grande do Sul, Schreiner et al. (2011) ressaltam que, em função da diminuição dos macroporos, os fluxos de ar e água são reduzidos, o que pode potencializar o escoamento superficial e reduzir a disponibilidade de água às plantas, comprometendo a qualidade, a produção e o rendimento das culturas implantadas em determinada área.

Com base nos resultados obtidos, pode-se dizer que as três lavouras estudadas possuem valores críticos de macroporosidade, em algum ponto das mesmas. Uma consideração importante que deve ser citada é que os valores mais críticos de macroporosidade foram obtidos em áreas em que o S.P.D. está conduzido há mais tempo. Segundo Fancelli (2000), esse fenômeno de redução da macroporosidade, apesar de ser mais evidenciado em áreas com solos que utilizam o plantio convencional, também podem ser encontrados nas áreas onde o plantio direto já está implementado há alguns anos e pode ser provocado pelo efeito da

pressão imposta por máquinas e equipamentos agrícolas utilizados em condições desfavoráveis de solo e umidade.

Portanto, deve ser levada em consideração a informação fornecida pelo proprietário das áreas (Quadro 3), onde informa que em todas as áreas utilizada alguma forma de mecanização, bem como carga animal, sendo assim favorecendo a diminuição dos macroporos pelo tráfego de máquinas e pelo pisoteio animal, principalmente na ocorrência dessas pressões em condições de umidade elevada.

4.4 Avaliação da densidade do solo obtida para as três camadas do perfil do solo, das áreas irrigadas por aspersão no município de Dom Pedrito (RS)

É demonstrado no Quadro 5 os resultados obtidos para densidade do solo (Ds), nas camadas superficial, intermediária e inferior dos perfis de solo de três áreas irrigadas no município de Dom Pedrito-RS.

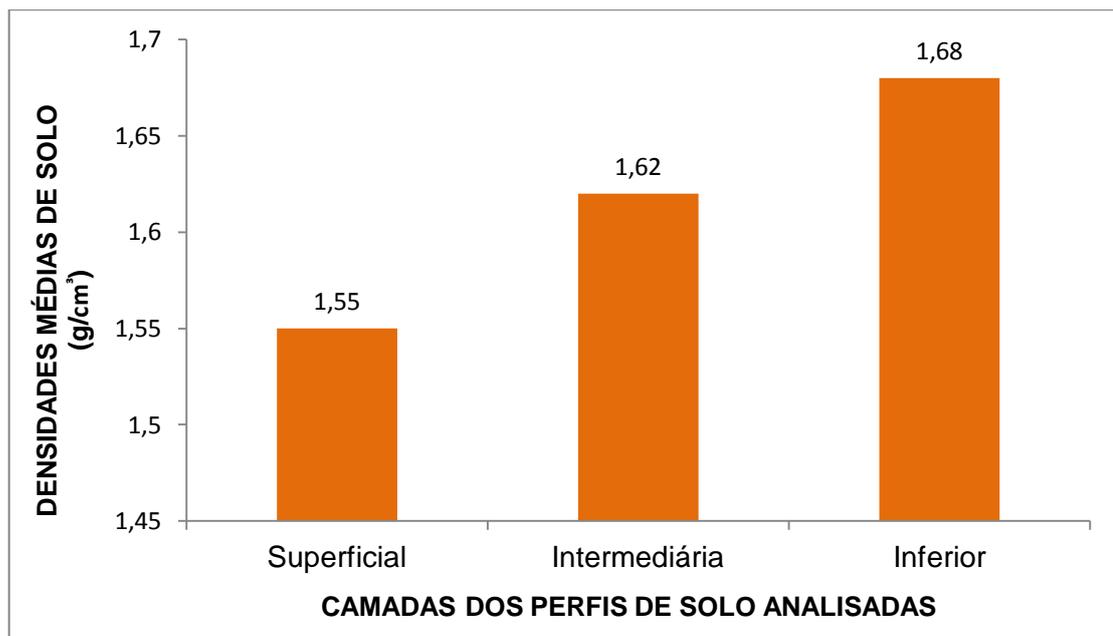
Quadro 5 – Valores de densidade do solo obtidos nas camadas de 0-10, 20-50 e 50 a 80 cm dos perfil do solo

	Camadas de Solo Analisadas e Valores de Densidade do Solo (g/cm³)		
	Superficial (0-20cm)	Intermediária (20-50cm)	Inferior (50-80cm)
PIVÔ 7 ha (4 ANOS S.P.D.)	1,53	1,74	1,74
PIVÔ 60 ha (Trincheira 1, alto pivô 1 ANO S.P.D.)	1,66	1,56	1,71
PIVÔ 60 ha (Trincheira 2, baixo pivô 1 ANO S.P.D.)	1,49	1,72	1,94
PIVÔ 83,3 ha (4 ANOS S.P.D.)	1,53	1,50	1,46
PIVÔ 83,3 ha (6 MESES S.P.D.)	1,55	1,58	1,56

Fonte: Elaborado pelo autor, 2012.

Os valores médios de densidade de solo que podem ser visualizados na Figura 11, para as camadas superficial, intermediária e inferior, das três áreas irrigadas foram de $1,55 \text{ g/cm}^3$ para a camada de (0-20cm), já para a camada intermediária este valor subiu para $1,62 \text{ g/cm}^3$ e na camada inferior o valor obtido foi de $1,68 \text{ g/cm}^3$, portanto pode-se verificar um aumento da densidade do solo com o incremento da profundidade do perfil do solo. De acordo com Genro Junior et al. (2004), é natural o processo do aumento da densidade do solo em relação ao aumento da profundidade isso sendo ocasionado pela diminuição do teor de matéria orgânica em camadas mais profundas e pelo peso das camadas de solo sobrejacentes.

Figura 11 – Média de valores de densidade do solo em três profundidades do perfil do para, para as áreas em estudo



Fonte: Elaborado pelo autor, 2012.

Os resultados da densidade do solo obtidos foram confrontados com os valores de densidade do solo críticos em função dos percentuais de argila (Quadro 4) e estão apresentados no Quadro 6.

Quadro 6 – Equalização dos valores de densidade das áreas irrigadas com os valores descritos como críticos em vista a faixa de argila que se situa a camada

	Camadas	Faixa de Argila (%)	Densidade do solo crítica (g/cm³)	Densidades obtidas nas áreas irrigadas (g/cm³)
PIVÔ 7 ha (4 ANOS S.P.D.)	Superficial	0-20	1,60	1,53*
	Intermediária	30-40	1,50	1,74
	Inferior	20-30	1,55	1,74
PIVÔ 60 ha (Trin. 1, alto pivô) (1 ANO S.P.D.)	Superficial	0-20	1,60	1,66
	Intermediária	30-40	1,50	1,56
	Inferior	30-40	1,50	1,71
PIVÔ 60 ha (Trin. 2, baixo pivô) (1 ANO S.P.D.)	Superficial	0-20	1,60	1,49*
	Intermediária	30-40	1,50	1,72
	Inferior	30-40	1,50	1,94
PIVÔ 83,3 ha (4 ANOS S.P.D.)	Superficial	40-50	1,45	1,53
	Intermediária	50-60	1,40	1,50
	Inferior	50-60	1,40	1,46
PIVÔ 83,3 ha (6 MESES S.P.D.)	Superficial	20-30	1,55	1,55
	Intermediária	30-40	1,50	1,58
	Inferior	40-50	1,45	1,56

(*) valores aceitáveis de densidade em vista dos parâmetros críticos.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2012.

Observa-se que na área do pivô de 7 ha (4 anos S.P.D.), para a camada de 0 a 20cm o valor de 1,53 g/cm³ é considerado como normal, na camada intermediária

foi constatado para densidade o valor de $1,74 \text{ g/cm}^3$ sendo avaliado como crítico, pois esta acima do valor de $1,50 \text{ g cm}^3$, o mesmo caso foi encontrado na camada inferior onde o valor da densidade é o mesmo da camada intermediária, sendo assim também considerado como crítico pois superou o valor de $1,50 \text{ g cm}^3$.

Para a área de 60 ha (1 ano S.P.D.) na porção da área representada pela trincheira 1, todas as camadas apresentaram valores descritos como críticos, sendo eles: $1,66$, $1,56$ e $1,71 \text{ g cm}^3$ para as camadas superficial, intermediária e inferior, respectivamente. Já, na área representada pela trincheira 2, apenas a camada superficial não apresentou valor crítico de densidade, nesta camada o valor encontrado foi de $1,49 \text{ g cm}^3$ nas camadas intermediária e inferior os valores obtidos foram de $1,72$ e $1,94 \text{ g cm}^3$, respectivamente, estando acima do valor do valor crítico (Quadro 6).

Segundo Silveira et al. (2008), em um trabalho realizado no estado de Goiás verificando o efeito do manejo do solo sob plantio direto e de culturas na densidade e porosidade de um Latossolo, foi verificado que em áreas com três a quatro anos de cultivo sob sistema de plantio direto a camada de solo que apresentou maior valor de densidade foi a camada superficial de 0 a 10cm.

Observou-se que, na metade da área de 83,3 ha onde o S.P.D. está implantado a 4 anos, todas as camadas possuem valores de densidade do solo críticos sendo estes de $1,53$, $1,50$ e $1,46 \text{ g cm}^3$ para as camadas superficial, intermediária e inferior, respectivamente.

Para a metade que está há menos tempo com o S.P.D., nas três camadas do perfil do solo, os valores de densidade também foram críticos, sendo estes $1,55$, $1,50$ e $1,46 \text{ g cm}^3$ para as camadas superficial, intermediária e inferior, respectivamente. Estes resultados indicam que, o aumento da densidade do solo está atrelado a mais de um fator, não somente ao tempo de utilização do S.P.D.

A partir dos dados de densidade do solo, nota-se que na camada superficial apenas as áreas de 7 ha (4 anos S.P.D.) e de 60 ha (trincheira 2, 1 ano S.P.D.) possui valores aceitáveis. Nas demais camadas, intermediária e inferior observa-se valores críticos de densidade do solo em todas as áreas, sendo verificados em algumas situações, densidades muito acima das consideradas aceitáveis.

Conforme informações obtidas pelo questionário aplicado ao proprietário (Quadro 3), deve ser enfatizado que os valores de densidade do solo que se apresentaram aceitáveis na camada superficial, para as áreas de 7 e 60 ha, são em

locais onde a lotação de animais para pastoreio é menor se comparado as demais. Segundo Albuquerque et al. (2001), a compactação do solo causada pelo pisoteio animal tem sido apontada como uma das principais causas da degradação de solos nas camadas superficiais em áreas que utilizam o sistema de integração lavoura-pecuária.

Outra informação relevante é que em todas as áreas que foi realizado o estudo, a variação do manejo é em relação ao tempo em que o sistema de plantio direto está sendo utilizado e a lotação animal utilizada para o pastejo. Conforme é descrito por Kunz (2010), em um estudo sobre as relações físico hidricas de um Latossolo sob plantio direto, que dependendo das condições de manejo e implantação do sistema de plantio direto em muitas ocasiões é verificado em lavouras de solos argilosos um aumento do estado de compactação, com aumento da densidade do solo e a diminuição dos macroporos.

De acordo com estes autores, esse aumento da compactação pode ser originado do acúmulo das pressões provocadas pelas rodas das máquinas agrícolas, ou também muitas vezes pode ser evidenciado pelo pisoteio animal, pois não havendo revolvimento do solo as pressões vão acumulando-se e aumentando o estado de compactação do solo, este processo é agravado pela umidade do mesmo a qual é maior em áreas de plantio direto.

4.5 Incidência da compactação das camadas superficial (0-20cm), intermediária (30-50cm) e inferior (50-80cm) nas áreas irrigadas por pivô central em vista da macroporosidade e densidade do solo

Através das análises realizadas, pode ser verificado no Quadro 7 o diagnóstico de compactação das camadas superficiais das áreas que o estudo foi realizado.

Quadro 7 – Diagnóstico de compactação da camada superficial nas três áreas irrigadas

	Camada Superficial (faixa de argila)	Diagnóstico de Compactação
Pivô 7 ha (4 ANOS S.P.D.)	0-20%	C-M
Pivô 60 ha (Trin. 1, alto pivô) (1 ANO S.P.D.)	0-20%	C-DSM
Pivô 60 ha (Trin. 2, baixo pivô) (1 ANO S.P.D.)	0-20%	NC
Pivô 83,3 ha (4 ANOS S.P.D.)	40-50%	C-DSM
Pivô 83,3 ha (6 MESES S.P.D.)	20-30%	C-DS

(NC) não compactado, (C-DS) compactado pela densidade do solo, (C-M) compactado pela macroporosidade, (C-DSM) compactado pela densidade e macroporosidade.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2012.

Pelo exemplificado no Quadro 7, apenas a camada representada pela trincheira 2 da área de 60 ha não apresentou compactação de acordo com os parâmetros analisados, já no restante das camadas superficiais das áreas ficou evidente a existência de compactação em alguns casos tanto relacionada com a densidade do solo e com a macroporosidade.

A justificativa para a não compactação na área representada pela trincheira 2 deve-se ao fato observado quando as amostras foram coletadas que nesta área o pisoteio bovino não era tão intenso como na área representada pela trincheira 1 que se localizava na parte mais alta do terreno. No local representado pela trincheira 1, o pasto era mais abundante e por consequência observou-se um maior número de animais sobre a mesma. Outra consideração que pode ser feita é que com uma

maior densidade na área da trincheira 1 localizada na parte alta, quando for aplicada a lâmina de irrigação sobre a mesma a água não infiltrará no solo totalmente sendo assim escorrendo para a área da trincheira 2 não irrigando uniformemente o total da área sendo q a região mais baixa se encontrará com maior disponibilidade de água.

O Quadro 8 mostra o diagnóstico de compactação para as camadas intermediárias das três áreas estudadas, esse diagnóstico é em relação a densidade do solo pois a macroporosidade não foi avaliada nas camadas intermediária e inferior.

Quadro 8 – Diagnóstico de compactação da camada intermediária nas três áreas irrigadas

	Camada Intermediária (faixa de argila)	Diagnóstico de Compactação
Pivô 7 ha (4 ANOS S.P.D.)	30-40%	C-DS
Pivô 60 ha (Trin. 1, alto pivô) (1 ANO S.P.D.)	30-40%	C-DS
Pivô 60 ha (Trin. 2, baixo pivô) (1 ANO S.P.D.)	30-40%	C-DS
Pivô 83,3 ha (4 ANOS S.P.D.)	50-60%	C-DS
Pivô 83,3 ha (6 MESES S.P.D.)	30-40%	C-DS

(NC) não compactado, (C-DS) compactado pela densidade do solo, (C-M) compactado pela macroporosidade, (C-DSM) compactado pela densidade e macroporosidade.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2012.

Como pode ser visto no quadro acima em todas as áreas a camada intermediária apresentou-se compactada pela densidade do solo, ressaltando-se

que a faixa de argila que predominou na grande maioria das áreas para a camada foi de 30-40% de argila.

O mesmo foi encontrado para a camada inferior (Quadro 9), onde todas as áreas apresentaram compactação por densidade do solo, havendo variação das faixas de argila para a camada nas três áreas. Albuquerque et al. (1995) relatam que, apesar dos benefícios do sistema de plantio direto, existem estudos que indicam aumento da compactação dos solos cultivados nesse sistema o que pode comprometer a produtividade das culturas ao longo dos anos. Essa tendência é observada principalmente em lavouras onde se adota o sistema de integração agricultura-pecuária sem critérios técnicos para o manejo da pastagem, pois, quando o pisoteio é realizado em solo úmido e o pastejo for excessivo, o processo de compactação é potencializado, especialmente em solos argilosos.

Quadro 9 – Diagnóstico de compactação da camada inferior nas três áreas irrigadas

	Camada Inferior (faixa de argila)	Diagnóstico de Compactação
Pivô 7 ha (4 ANOS S.P.D.)	20-30%	C-DS
Pivô 60 ha (Trin. 1, alto pivô) (1 ANO S.P.D.)	30-40%	C-DS
Pivô 60 ha (Trin. 2, baixo pivô) (1 ANO S.P.D.)	30-40%	C-DS
Pivô 83,3 ha (4 ANOS S.P.D.)	50-60%	C-DS
Pivô 83,3 ha (6 MESES S.P.D.)	40-50%	C-DS

(NC) não compactado, (C-DS) compactado pela densidade do solo, (C-M) compactado pela macroporosidade, (C-DSM) compactado pela densidade e macroporosidade.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2012.

4.6 Análise da produtividade de grãos das áreas irrigadas em relação à situação de compactação do solo que se encontram as camadas de cada área

A partir do Quadro 3, onde o proprietário relata a produtividade das culturas nas áreas irrigadas, foram analisados os dados de produção das duas áreas que são utilizadas para a produção de grãos e sementes, em relação ao estado de compactação do solo.

Para avaliar as produtividades de milho e soja, foram adotados como referência os dados de produção média dos últimos 10 anos no Rio Grande do Sul, conforme o Quadro 10.

Quadro 10 – Média de produção dos últimos 10 anos no (RS)

Média de Produção dos últimos 10 anos no Rio Grande do Sul		
Produção	Áreas não irrigadas (kg/ha)	Áreas irrigadas (kg/ha)
Milho	3486	até 12000
Soja	2051	até 3800

Fonte: CONAB/EMATER, 2010

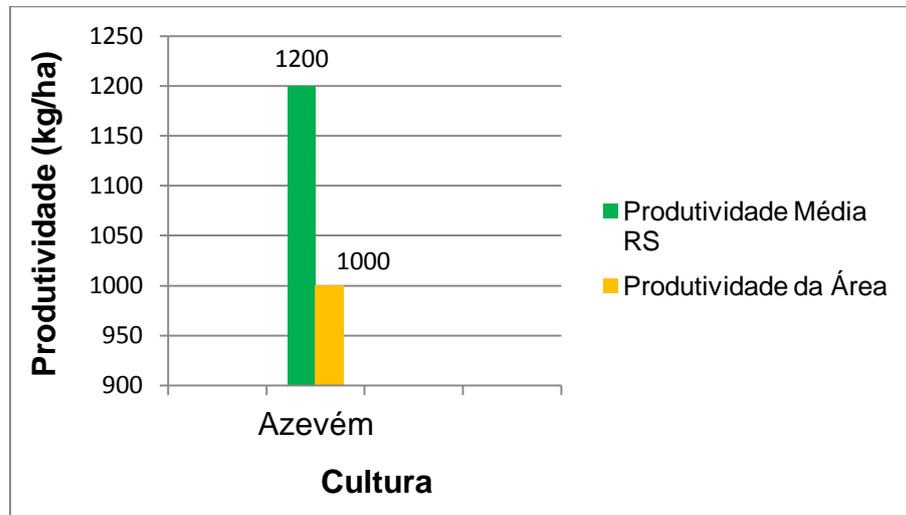
Já para as espécies forrageiras como, o trevo vermelho e o cornichão as produtividades adotadas como médias de referência para a região de Dom Pedrito foram às citadas no trabalho desenvolvido, na região de Bagé, por Acevedo (1987), onde trabalhando com cornichão, cultivar São Gabriel na EMBRAPA – UEPAE/Bagé, alcançou uma produtividade máxima no primeiro ano de 111,2 kg ha e de 163,2 kg ha no segundo ano. Quando o mesmo pesquisador trabalhou com trevo vermelho, obteve a produtividade máxima de 189,6 kg ha no primeiro ano e 241 kg ha no segundo ano.

Para a produtividade de azevém foi adotado como referência os valores citados por Maia (1995), sendo a produção de sementes, alcançada em pesquisa e por produtores em diferentes regiões do Rio Grande do Sul, indicaram que o azevém apresenta excelente potencial, atingindo rendimentos de cerca de 1000 a 1200 kg ha de sementes puras, ressaltando a importância da espécie para a produção de sementes.

4.6.1 Área de 60 hectares (4 anos S.P.D), produtividade em contraste com a compactação do solo

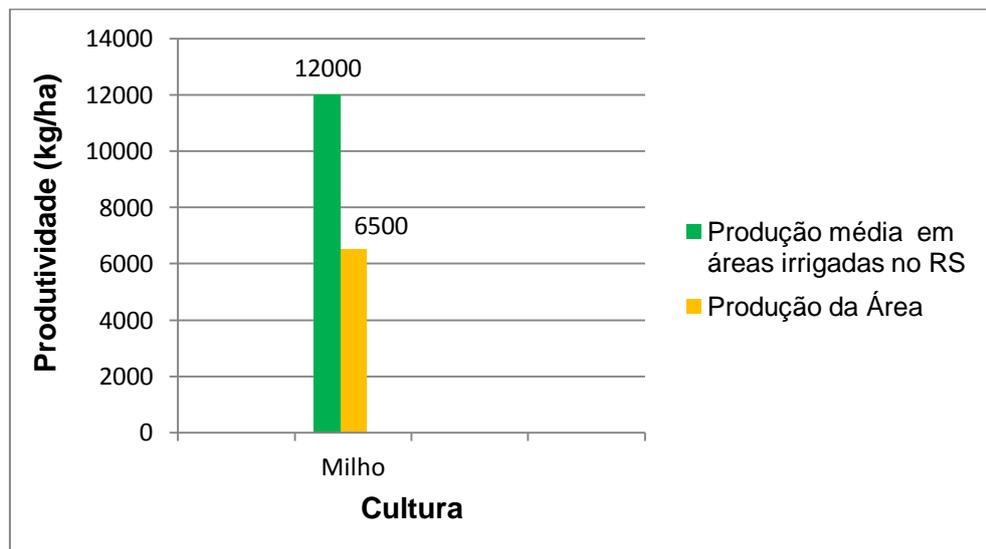
Na área de 60 ha (4 anos S.P.D) os dados de produtividade de azevém e milho podem ser observados na Figura 12 e 13.

Figura 12 – Produtividade de azevém da área em relação à encontrada no Rio Grande do Sul



Fonte: Elaborado pelo autor, 2012

Figura 13 – Produtividade média de milho da área em relação à obtida no Estado em áreas irrigadas



Fonte: Elaborado pelo autor, 2012.

Em relação às produtividades obtidas na área pode-se notar que a produção de azevém se comportou de maneira aceitável de acordo com a média de produção

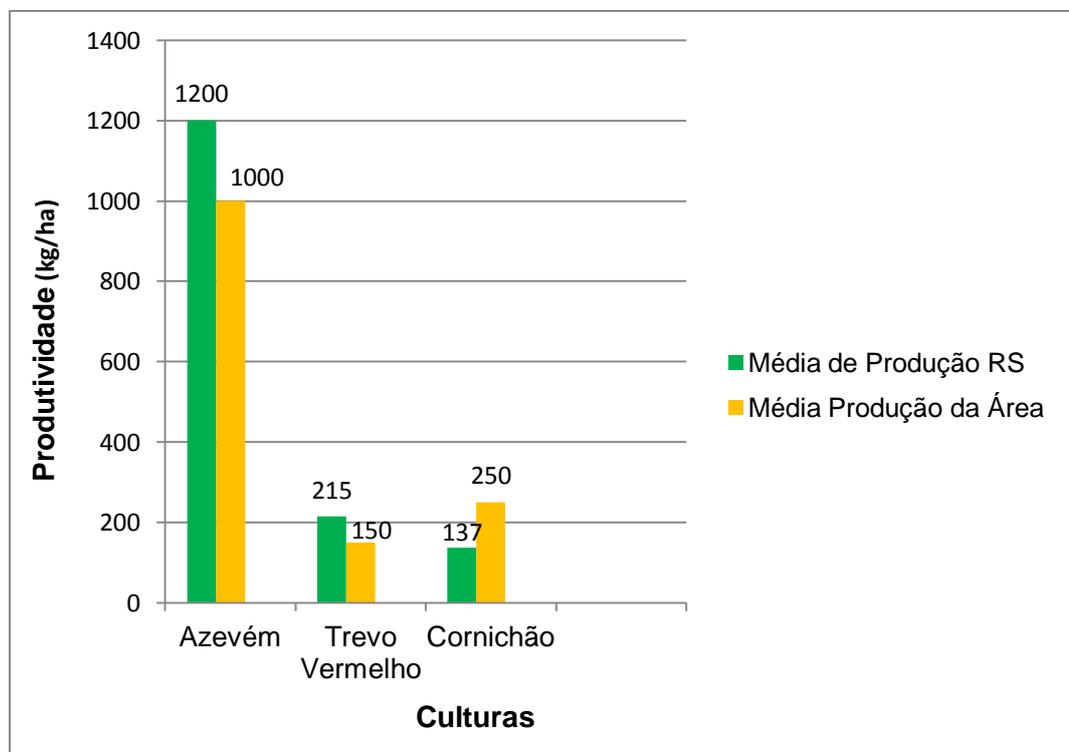
gaúcha da cultura, sendo assim a existência de compactação principalmente nas camadas intermediária e inferior não afetaram o desenvolvimento da cultura.

Em relação à produção de milho o que foi observado é que os dados de produção da área encontram-se inferiores as médias de produção de lavouras irrigadas do Rio Grande do Sul, este fato pode ser levado em contraste que nesta área as camadas intermediária e inferior estão compactadas, dessa forma, o sistema radicular do milho pode ser restringido à camada superficial do solo. Em estudo comparativo sobre os efeitos da compactação superficial até 30 cm e subsuperficial abaixo de 30 cm Dolan et al. (1992) verificaram que o milho reduzia a absorção de fósforo em maior proporção quando a compactação era de ocorrência superficial, afetando negativamente o rendimento da cultura.

4.6.2 Área de 83,3 hectares, produtividades em relação à compactação do solo

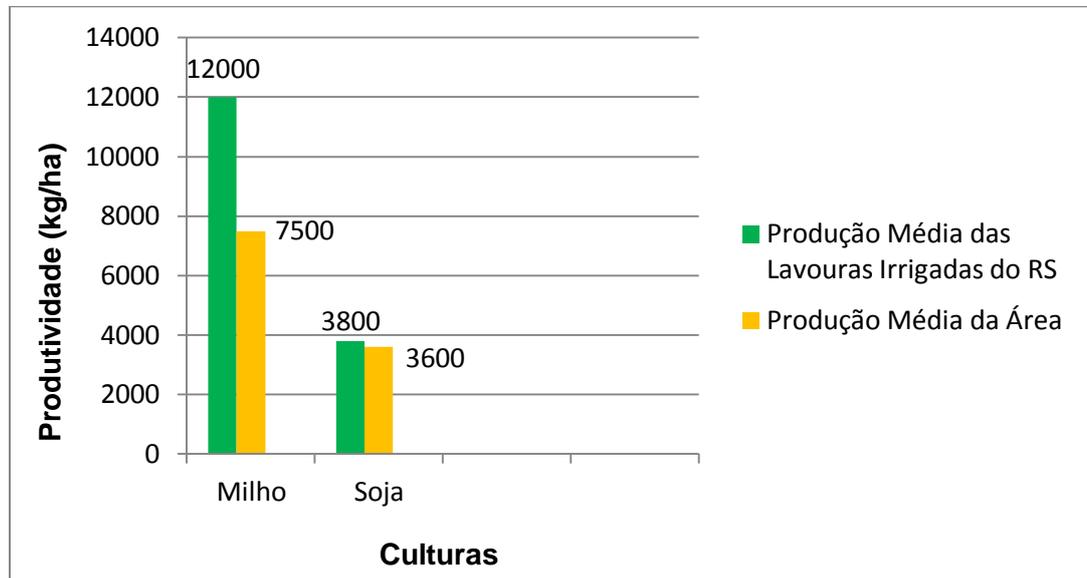
Na área em questão o sistema de manejo com as cultura é o mesmo, as diferenças estão no tempo de S.P.D. que em parte é mantido a 4 anos e em outra parte a 6 meses, entretanto os valores de produtividade das culturas de azevém, trevo vermelho, cornichão, soja e milho são os valores médios de toda a área, conforme apresenta as Figuras 14 e 15.

Figura 14 – Produtividades médias de azevém, trevo vermelho e cornichão da área relacionadas às médias do Estado



Fonte: Elaborado pelo autor, 2012.

Figura 15 – Produtividades médias de soja e milho da área relacionada às médias do Estado



Fonte: Elaborado pelo autor, 2012.

Nesta área como também foi verificado na área de 60 ha a cultura do milho apresentou uma média de produção inferior a média das lavouras irrigadas do Estado, devendo-se ressaltar que nesta área todas as camadas analisadas apresentaram-se compactadas. A produção média da soja foi aceitável de acordo com a média gaúcha e, em relação às culturas forrageiras apenas o trevo vermelho possuiu uma produção inferior à média considerada como parâmetro para análise, já o azevém e o cornichão obtiveram valores considerados aceitáveis de acordo com suas produções médias registradas.

A consideração a ser feita pela produção abaixo da média das culturas de trevo vermelho e milho na área em questão deve-se as características de sistema radicular e de necessidade hídrica das mesmas, onde essas duas culturas possuem sistema radicular profundo, explorando camadas mais profundas a procura de água e nutrientes, já as demais culturas analisadas possuem sistema radicular superficial onde suas raízes encontram-se na camada superficial do solo pra absorção da água do solo. Em vista disto a cultura do milho e do trevo vermelho são afetadas negativamente pela compactação nas camadas intermediária e inferior dos solos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir:

Das três lavouras irrigadas (7, 60 e 83,3 hectares) por aspersão com sistema pivô central No Município De Dom Pedrito (RS) estudadas, apenas uma parte da área de 60 ha não apresentou sinais de compactação, em relação à densidade do solo e a macroporosidade, na camada superficial do perfil do solo.

As três áreas irrigadas por aspersão com sistema pivô central no Município de Dom Pedrito (RS) estudadas, apresentaram compactação em relação à densidade do solo, nas camadas intermediária e inferior do perfil do solo.

Os problemas de redução da macroporosidade e aumento da densidade do solo, verificados nas áreas irrigadas avaliadas foram atribuídos a três fatores, sendo estes: (I) tipo de solo (classe textural) que o torna mais ou menos susceptível a compactação, as áreas com maior percentual de argila na camada superficial do perfil do solo demonstraram-se mais susceptíveis a esse processo; (II) tempo de plantio direto, para o mesmo manejo de culturas e uso do solo o maior tempo de plantio direto resulta no acréscimo da densidade do solo e na redução da macroporosidade; (III) carga animal, a maior lotação de animais ha⁻¹ potencializa o processo de compactação.

A cultura que se demonstrou mais sensível à compactação do solo foi à cultura do milho, que apresentou uma produção de grãos inferior à média do Estado para áreas irrigadas sob pivô central.

Sugerem-se como medidas corretivas que as três áreas sofram um processo de subsolagem com intuito de reduzir a compactação, principalmente das camadas superficial e intermediária, outra medida que pode ser implantada nas áreas é o cultivo de plantas descompactadoras, como por exemplo, o nabo e a realização de análises físicas de solo.

REFERÊNCIAS

ACEVEDO, A. S. *Coletânea de pesquisas forrageiras*. Bagé: EMBRAPA, 1987. 525 p.

ALBUQUERQUE, J.A.; REINERT, D.J.; FIORIN, J.E.; RUEDELL, J.; PETRERE, C. & FONTINELLI, F. Rotação de culturas e sistemas de manejo do solo: Efeito sobre a forma da estrutura do solo ao final de sete anos. *R. Bras. Ci. Solo*, Campinas, n. 19, p. 115-119, 1995. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010006832009000200001>. Acesso em 05 jun, 2012.

ALBUQUERQUE, J. A.; SANGOI, L.; ENDER, M. Efeitos da integração lavoura-pecuária nas propriedades do solo e características da cultura do milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, n. 25, p. 717-723, 2001. Disponível em: <<http://sbcs.solos.ufv.br/solos/revistas/v25n3a21.pdf>>. Acesso em: 29 mai, 2012.

ALTIERI, M. *Agroecologia: bases científicas para a agricultura sustentável*. Guaíba: Agropecuária, 2002. 592 p.

ANDRADE, C. M. S. *Produção de bovinos em pastagem irrigada*. 2000. 23f. Revisão (Disciplina Tópicos Especiais em Forragicultura) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000. Disponível em: <<http://www.agroquima.com.br/conteudo/downloads/download.php?id...>>. Acesso em: 29 out. 2011.

ANDRADE, E. M. et al. Modelagem da concentração de íons no extrato de saturação do solo, na Região da Chapada do Apodi. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 33, n. 2, p. 5-12, 2002. Disponível em: <www.ccarevista.ufc.br/site/down.php?arq=04rca33-2.pdf>. Acesso em: 25 mai. 2012.

ARAÚJO, A. E. et al. *Cultivo do algodão irrigado*. Campina Grande: Embrapa, 2003. Disponível em:

<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Algodao/AlgodaoIrigado/solos.htm>>. Acesso em: 29 out. 2011.

AZAMBUJA, J. M. V. *O solo e o clima na produtividade agrícola*. Guaíba: Agropecuária, 1996. 164 p.

AZEVEDO, L. P.; SAAD, J. C. C. Irrigação de pastagens via pivô central na bovinocultura de corte. *Irriga*, Botucatu, n. 4, p. 492-503, out./dez. 2009. Disponível em: <<http://200.145.140.50/ojs1/include/getdoc.php?id=1089&article...>>. Acesso em: 29 out. 2011.

BASTOS, E. *Manual de irrigação: técnicas para instalação de qualquer sistema na lavoura*. 3. ed. São Paulo: Ícone Editora Ltda, 1991.

BERNARDO, S. *Manual de irrigação*. 6. ed. Viçosa: Imprensa Universitária, 1995.

BRAGAGNOLO, L.; MIELNICZUK, J. Cobertura do solo por palha de trigo e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 14, p. 369-374, 1990. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832008000100035&script=sci_arttext>. Acesso em: 18 nov. 2011.

CAMARGO, A. O. *Compactação do solo e desenvolvimento de plantas*. Campinas: Fundação Cargil, 1983. 44 p.

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

CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B. A evolução dos pivôs. *Revista a Granja*, Porto Alegre, n. 705, p. 45-46, 2007. Disponível em: <<http://www.ufrrj.br/institutos/it/deng/daniel/Downloads/Material/Posgraduacao/Agricoltura%20Irigada/705pivos.pdf>>. Acesso em: 30 out. 2011.

CERQUEIRA, J. M. C. *Agricultura solos e clima*. 2. ed. Lisboa: Livraria Popular Francisco Franco, 1985.

CHRISTOFIDIS, D. *Recursos hídricos e irrigação no brasil*. Brasília. CDs-unb, 1999. Disponível em: <<http://www.unbcds.pro.br/publicacoes/DemetriosChristofidis.pdf>>. Acesso em: 01 nov. 2011.

COLLARES, G. L. et al. Qualidade física do solo na produtividade da cultura do feijoeiro num Argissolo. *Pesq. Agropec. Bras*, Brasília, n. 11, p. 1663-1674, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v41n11/a13v4111.pdf>>. Acesso em: 16 nov. 2011.

COLLARES, G. L. et al. Compactação de um latossolo induzida pelo tráfego de máquinas e sua relação com o crescimento e produtividade de feijão e trigo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, n. 32, p. 933-942, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v32n3/a03v32n3.pdf>> Acesso em: 16 abril. 2012.

CURI, N.; LARACH, J. O. I.; KAMPF, N.; MONIZ, A. C.; FONTES, L. E. F. *Vocabulário de ciência do solo*. Campinas: SBCS, 1993.

DANIEL, J. E. S.; FARINA, V. A.; GOMES, E. J. *Irrigando a agricultura família: manual operativo*. Porto Alegre: EMATER/RSASCAR, 2012. 13 p. Disponível em: <www.sdr.rs.gov.br/.../20120329154852manual_operativo_de_irrigac...>. Acesso em: 7 abril. 2012.

DAKER, A. *Irrigação e drenagem*. 7. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1988. 543 p.

DEDECEK, R.; GAVA, J. S. Influência da compactação do solo na produtividade da rebrota de eucalipto. *Revista Árvore*, Viçosa, n. 3, p. 383-390, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010067622005000300005> Acesso em: 23 mai. 2012.

DOLAN, M. S. et al. Corn phosphorus and potassium uptake in response to soil compaction. *Agronomy Journal*, n. 84, p. 639-642, 1992. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/brag/v53n2/16.pdf>> Acesso em: 02 jun. 2012.

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

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Circular técnica on line*. 1. ed. Recife: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 2007. 8 p. Disponível em: <http://www.cnps.embrapa.br/publicacoes/pdfs/circular tecnica_38_adensamento.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2012.

FANCELLI, A. L. *Guia para Plantio Direto*. p.18. 2000.

FOLEGATTI, M. V.; PESSOA, P. C. S.; PAZ, V. P. S. Avaliação do desempenho de um pivô central de grande porte e baixa pressão. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, n. 1, jan/abr. 1998. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010390161998000100019&script=sci_arttext>. Acesso em: 30 out. 2011.

FREITAS, P. S. L. et al. Efeito da cobertura de resíduo da cultura do milho na evaporação da água do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, n. 1, p. 85-91, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v8n1/v8n1a13.pdf>>. Acesso em: 18 nov. 2011.

GENRO JUNIOR, S. A. et al. Variabilidade temporal da resistência à penetração de um latossolo argiloso sob semeadura direta com rotação de culturas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, n. 03, p. 477-484, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832004000300009&script=sci_arttext>. Acesso em: 16 nov. 2011.

GUERRA, A. T. *Dicionário geológico – geomorfológico*. 5. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1979.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo agropecuário 2006*. Rio de Janeiro: IBGE, 2006. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/2006/agropecuario.pdf>>. Acesso em: 03 nov. 2011.

JORGE, J. A. *Física e manejo dos solos tropicais*. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1985.

JESUINO JUNIOR, J. M. et al. Compactação do solo e manejo da água sobre a cultura do milho. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 21. 2008, Jaboticabal. UNESP Jaboticabal, 2008. Disponível em: <http://prope.unesp.br/xxi_cic/27_36907569876.pdf> Acesso em: 05 mai. 2012.

KIEHL, E. J. *Manual de edafologia, relações solo – planta*. São Paulo: Editora Ceres, 1979.

KLAR, A. E. *Água no sistema solo água planta*. São Paulo: Nobel, 1984.

KUNZ, M. *Relações físico – hídricas de um latossolo sob plantio direto*. 2010. 48 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

LEINZ, V.; AMARAL, S. E. *Geologia geral*. 5. ed. São Paulo: Editora Nacional, 1974.

MAIA, M.S. *Secagem de sementes de azevém anual (Lolium multiflorum Lam.) com ar ambiente forçado*. 1995. 108 f. Tese Doutorado - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 1995.

MENDES, I. C.; REIS JUNIOR, F. B. *Uso de parâmetros microbiológicos como indicadores para avaliar a qualidade do solo e a sustentabilidade dos*

agroecossistemas. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. Disponível em: <www.cpac.embrapa.br/download/332/t>. Acesso em: 30 out. 2011.

MERCANTE, E.; OPAZO, M. A. U.; SOUZA, E. G. Variabilidade espacial e temporal da resistência mecânica do solo à penetração em áreas com e sem manejo químico localizado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, n. 6, p. 1149-1159, 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v27n6/19209.pdf>>. Acesso em: 29 out. 2011.

MEZOMO, A. M. *Irrigação é a solução: manual técnico de apoio*. Porto Alegre: EMATER/RSASCAR, 2009. 41 p. Disponível em: <http://www.emater.tche.br/site/br/arquivos/area/frentes/8/Irigacao_Livreto.pdf>. Acesso em: 30 out. 2011.

MICHELON, C.J. *Qualidade física de solos irrigados do Rio Grande do Sul e do Brasil Central*. 2005. 92 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

MIRANDA, L. N. et al. Produtividade do feijoeiro em resposta a adubação fosfatada e a regimes de irrigação em solos do cerrado. *Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, n. 4, p. 703-710, 2001. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v35n4/4734.pdf>>. Acesso em: 02 nov. 2011.

PEREIRA, D. R.; RIBEIRO, D. P. Influência da textura do solo sobre os parâmetros dos modelos de van Genuchten e Brooks e Corey. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 14., ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS – GRADUAÇÃO - UNIVAP, 10., 2008, Anais... São José dos Campos, 2008. Disponível em: <http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2010/anais/arquivos/RE_0871_0922_02.pdf>. Acesso em: 22 mai, 2012.

PINHEIRO, V. D. *Viabilidade econômica da irrigação de pastagem de capim Tanzânia em diferentes regiões do Brasil*. 2002. 81 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiros, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002. Disponível em:

<<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11143/tde17072002164519/ptbr.php>>. Acesso em: 04 nov. 2011.

RASSINI, J. B. *Criação de bovinos de corte na Região Sudeste: irrigação de pastagens*. São Carlos: Embrapa, 2003. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/BovinoCorte/BovinoCorteRegiaoSudeste/irrigacao.htm>>. Acesso em: 10 nov. 2011.

REICHARDT, K. *Água na produção agrícola*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1978.

REICHARDT, K. *A água em sistemas agrícolas*. São Paulo: Manole, 1987. 188 p.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. *Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações*. Barueri: Manole, 2008.

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. *Ciência e Ambiente*, Santa Maria, v. 27, p. 29-48, 2003. Disponível em: <http://w3.ufsm.br/fisicadosolo/downloads/Producao_Artigos/5.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2011.

REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; SILVA, V. R. Propriedades físicas de solos em sistema de plantio direto irrigado. In: CARLESSO, R.; PETRY, M.T.; ROSA, G.M.; CERETTA, C.A. *Irrigação por aspersão no Rio Grande do Sul*. Santa Maria; UFSM 2001. p 165.

SANTI, G. R. et al. Efeito do pisoteio bovino na compactação de solo argiloso na região do planalto gaúcho. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DE SOLO E ÁGUA, 15. Santa Maria, 2004. *Anais...* UFSM, 2004. Disponível em: <http://w3.ufsm.br/ppgcs/congressos/XVRBMCSA_SM/Giovana%20Rossato%20Santi.pdf>. Acesso em: 14 mai, 2012.

SCHREINER, D. T. Efeito da compactação do solo na retenção de água em uma toposeqüência argissolos - gleissolos no RS. CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33., Uberlândia, 2011. Anais... Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2011. Disponível em: <www.ufsm.br/fisicadosolo/downloads/Producao.../XXXIII_5.pdf>. Acesso em: 22 mai, 2012.

SECCO, D. et al. Produtividade de soja e propriedade física de um latossolo submetido a sistema de manejo e compactação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, n. 4, p. 797-804, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S01000683200400050001>. Acesso em: 16 nov. 2011.

SILVEIRA, P. M. et al. Efeito do manejo do solo sob plantio direto e de culturas na densidade e porosidade de um latossolo. *Bioscience Journal*, Uberlândia, n. 3, p. 53-59, 2008. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6787>>. Acesso em: 02 jun. 2012.

SOFIATTI, V. et al. Crescimento e produção do algodoeiro irrigado sob diferentes sistemas de preparo de solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 7. Foz do Iguaçu, 2009. *Anais...* Campina Grande: Embrapa Algodão, 2009. p. 2053-2057. Disponível em: <[http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/algodao/publicacoes/cba7/VIICBA_anais/SN_P_P.212\(2053-2057\).pdf](http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/algodao/publicacoes/cba7/VIICBA_anais/SN_P_P.212(2053-2057).pdf)> Acesso em: 17 mai. 2012.

TAVARES FILHO, J. et al. Método do perfil cultural para avaliação do estado físico de solos em condições tropicais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, n. 2, p. 393-399, 1999. Disponível em: <<http://sbcs.solos.ufv.br/solos/revistas/v23n2a22.pdf>>. Acesso em: 09 nov. 2011.

TAVARES FILHO, J. et al. Resistência à penetração e desenvolvimento do sistema radicular do milho (*Zea mays*) sob diferentes sistemas de manejo em um Latossolo Roxo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, n. 3, p. 725-730, 2001.

Disponível em: <<http://sbcs.solos.ufv.br/solos/revistas/v25n3a22.pdf>>. Acesso em: 09 nov. 2011.

TORMENA, C. A.; ROLOFF, G.; SÁ, J. C. M. Propriedades físicas do solo sob plantio direto influenciadas por calagem, preparo inicial e tráfego. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, n. 2, p. 301-309, 1998. Disponível em: <<http://sbcs.solos.ufv.br/solos/revistas/v22n2a16.pdf>>. Acesso em: 08 nov. 2011.

TORRES, J. L. R. et al. Resistência à penetração em área de pastagem de capim tifton, influenciada pelo pisoteio e irrigação. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 28, p. 232-239, 2012. Disponível em: <www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/.../8368>. Acesso em: 18 abr, 2012.

VZZOTTO, V. R.; MARCHEZAN, E.; SEGABINAZZI, T. Efeito do pisoteio bovino em algumas propriedades físicas do solo de várzea. *Ciência Rural*, Santa Maria, n. 6, p.965-969, 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v30n6/a07v30n6.pdf>>. Acesso em: 23 mai, 2012.

XAVIER, A. C. et al. Manejo da irrigação em pastagem irrigada por pivô central. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, n. 2/3, p. 233-239, 2004. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v8n2-3/v8n2a11.pdf>>. Acesso em: 07 nov. 2011.

WITHERS, B.; VIPOND, S. *Irrigação: projeto e prática*. Tradução de Francisco da Costa Verdade. São Paulo: Editora EPV, 1977. 339 p.