

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

**POTENCIAL DE ESPÉCIES FORRAGEIRAS NA RECUPERAÇÃO
DE ÁREAS ARENIZADAS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Paula de Souza Cardoso

Alegrete, 2017

POTENCIAL DE ESPÉCIES FORRAGEIRAS NA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS ARENIZADAS

Paula de Souza Cardoso

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

Orientador: Rafael Ziani Goulart

Alegrete, RS, Brasil

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

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

**AVALIAÇÃO DO PONTENCIAL RECUPERADOR DE ESPÉCIES
FORRAGEIRAS EM ÁREAS DE ARENIZAÇÃO**

elaborada por
Paula de Souza Cardoso

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

COMISSÃO EXAMINADORA



Rafael Ziani Goulart, Me.
(Presidente/Orientador)



Douglas Dara Nora, Dr. (IFFarroupilha)



Tadeu Luis Tiecher, Me. (IFFarroupilha)

Alegrete, 21 de novembro de 2017.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela proteção em todos os momentos da minha vida.

Aos meus pais, Mario e Elisabeth Cardoso, que são meus exemplos de dedicação, companheirismo, afeto, amor, dignidade, pelo apoio incondicional, jamais deixando-o desanimar. As minhas irmãs Laura e Patrícia, e meu sobrinho, pelo amor, apoio e companheirismo.

Ao meu orientador, professor Rafael Ziani Goulart, pela paciência, confiança, ensinamentos, conselhos, puxada de orelha, pelo apoio e atenção.

Aos meus colegas e amigos de iniciação científica Augusto, Cristian, Matheus, Thomé, Vinício e Vinicius, pela dedicação, comprometimento. As minhas amigas Juliane Fonseca e Giordana Schmitt, pela amizade, ajuda, comprometimento, angústias, nesse período e pela tranquilidade por me fornecerem.

Ao meu namorado Estevan Pydd por estar sempre disposto a ir atrás dos meus sonhos, pelo companheirismo nos auxílios dos trabalhos a campo.

Pela família do seu Lédio Trombeta, seu Sanchotene por não medirem esforços para o empréstimo da área experimental.

Pela minha família de coração Bassotto pela colaboração e apoio, além do carinho.

Aos meus familiares que sempre estão com energias positivas, não deixando de citar minha prima irmã Liziane por longas semanas de reclamações.

A minha mãe de coração de Alegrete Karia Paes por sempre estar ao meu lado, deixando-o jamais desanimar.

A minha família de irmãs e mãe do coração, obrigado por estarem quase 24 horas ao meu lado, não deixando o desânimo e o cansaço no meu dia.

Aos meus avós in memoriam Derocy e Evanir, com certeza será minha primeira vitória e totalmente dedicado a vocês, sou quem sou devido aos grandes ensinamentos de honestidade e amor.

À Universidade Federal do Pampa e ao Instituto Federal Farroupilha de Alegrete.

RESUMO

POTENCIAL DE ESPÉCIES FORRAGEIRAS NA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS ARENIZADAS

Autora: PAULA DE SOUZA CARDOSO
Orientador: Rafael Ziani Goulart
Data da defesa: 21 de novembro de 2017.

O sudoeste do Rio Grande do Sul possui área com processos de arenização de aproximadamente 6 mil hectares, as quais ficam improdutivas ao passar do tempo. A proporção que os processos erosivos evoluem em solos arenosos (arenização) há expansão da área degradada. Projetos de controle tem sido implantado para conter o avanço dos focos de arenização e para recuperação destas áreas já arenizadas. O objetivo deste trabalho foi avaliar qual a viabilidade do uso de plantas de cobertura para a recuperação de solos arenizados. Para isso foi conduzido um experimento no município de Manoel Viana, RS. O experimento foi composto de três blocos ao acaso com parcelas subdivididas e oito tratamentos sendo com plantas de cobertura e plantas de cobertura mais adubação e calagem. As plantas de coberturas foram: aveia preta, azevém, ervilhaca, *lupinus albescens*, nabo forrageiro, consórcio aveia preta + azevém, consórcio aveia preta + ervilhaca e solo sem cobertura vegetal, para o cultivo de verão foi semeado Milheto em todos os tratamentos no ano 2016/2017. Após a implantação foram avaliados os atributos físicos do solo: densidade, macroporidade, microporosidade, condutividade hidráulica e textura. Além disso, foi avaliado o estabelecimento de cada arranjo forrageiro com e sem adubação e quantidade de matéria seca vegetal disponível ao longo do tempo. Solos arenosos possuem boa aeração por sua macroporosidade ser elevada. Foi observada alta densidade do solo na camada superior, porém nas inferiores ocorreu uma redução de 14% nos valores deste atributo, sendo benéfico ao desenvolvimento do sistema radicular. A cultura aveia preta apresentou 32% a mais de cobertura seca no solo em relação a cultura do nabo forrageiro, sendo a forrageira com menor produção de massa seca. Por fim, a cultura aveia preta consorciada ou não, e a cultura estival Milheto ambos adubados, é uma alternativa de recuperação dessas áreas arenizadas ao longo dos anos.

Palavras- chave: Areais do Rio Grande do Sul, recuperação, revegetação, solos frágeis.

ABSTRACT

EVALUATION OF THE RECOVERING POTENTIAL OF FORAGE SPECIES IN ARENIZATION AREAS

Author: PAULA DE SOUZA CARDOSO

Advisor: Rafael Ziani Goulart

Date of evaluation: November 21, 2017

The southwestern part of "Rio Grande do Sul" has an area with sandstone processes of approximately 6 thousand hectares, these areas get unproductive over time. The proportion that the erosive processes evolve to the sandy soils (the sandstone) has presented severity in the expansion of the degradation of the soil. Control projects should be implanted to contain the advance of sandstone and recovery of the ones that are already sandstone areas. Among these resources, revegetation with forage species can be an effective and productive alternative to cultivate in these areas, avoiding aeolian and water erosion in these soils. The chemical fertilization of the soil increases the amount of nutrients, so that their deficiencies, due to the nature of the source material, the climate and the management, are corrected. This work has the purpose to evaluate the viability of the use of coverage crops for the recovery of sanded soils. For this, an experiment will be conducted in the county of Manoel Viana, RS. The experiment will be composed of three blocks and sixteen treatments, eight with coverage crops and eight treatments with coverage crops plus fertilization and liming, being: black oats, ryegrass, vetch, lupinus albescens, forage turnip, black oats + ryegrass consortium, consortium Black oats + vetch and naked soil and for summer crop will be sown Millet in all treatments. After the cultivation of the crops, the results obtained should be observed, through the evaluation of the edaphic fauna, and of the physical-chemical properties of the soil. In addition, the establishment of each forage arrangement with and without fertilization will be evaluated through the percentage of vegetation cover and the amount of dry matter available over time.

Keywords: Sand soils of "Rio Grande do Sul", rehabilitation, revegetation, fragile soils.

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1. Atributos físicos após o fim do cultivo das plantas de cobertura | 32 |
| Tabela 2. Condutividade hidráulica após o cultivo das coberturas..... 13..... | 34 |
| Tabela 3. Produção de matéria seca das plantas de cobertura com adubação e calagem..... | 38 |
| Tabela 4. Produção de matéria seca da cultura estival com adubação e calagem ... | 41 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Feição denominada degraus de abatimentos | 15 |
| Figura 2. Área com processos de degradação..... | 16 |
| Figura 3. Material arenoso com incidência dos agentes erosivos | 17 |
| Figura 4. Área experimental extraída em Manoel Viana do Google Earth-Pro..... | 24 |
| Figura 5. Área experimental antes da execução do experimento..... | 24 |
| Figura 6. Área experimental com os blocos e tratamentos após calagem | 25 |
| Figura 7. Área experimental no dia da calagem e semeadura a lanço..... | 26 |
| Figura 8. Coluna de areia para avaliação da macroporosidade, Método de Reinert&Reichert (2006)..... | 28 |
| Figura 9. Ensaio de Condutividade Hidráulica no permeâmetro de carga constante | 30 |
| Figura 10. Cobertura vegetal do solo | 35 |
| Figura 11. Porcentagem de cobertura do solo para diferentes plantas de cobertura em cinco momentos após a germinação..... | 36 |
| Figura 12. Área experimental e tratamentos em culturas hibernais..... | 37 |
| Figura 14. Tratamento com a cultura da aveia preta sendo coberta por sedimentos arenosos..... | 39 |
| Figura 15. Tratamento com cultura <i>Lupinus albencens</i> com plantas daninhas..... | 39 |
| Figura 16. Tratamento sem cobertura vegetal com plantas daninhas..... | 40 |
| Figura 17. Tratamento com a cultura <i>Lupinus albencens</i> com plantas daninhas..... | 40 |
| Figura 18. Imagem do tratamento com a cultura de ervilhaca com plantas daninha..... | 40 |

Sumário

| | | |
|----|--|----|
| 1. | INTRODUÇÃO | 10 |
| | OBJETIVOS | 13 |
| 2. | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... | 14 |
| | 2.1 Processos de arenização | 14 |
| | 2.2 Procedimentos de recuperação de solos degradados..... | 17 |
| | 2.3 Importância da adubação para a recuperação de áreas degradadas ... | 18 |
| | 2.4 <i>Lupinus albescens</i> | 19 |
| | 2.5 Gramíneas (Poaceae) | 20 |
| | 2.6 Leguminosas (Fabaceae) | 21 |
| | 2.7 Crucíferas (Brassicaceae) | 22 |
| | 2.8 Influência das plantas de coberturas no solo..... | 22 |
| 3. | METODOLOGIA | 23 |
| | 3.1 Caracterização física do solo..... | 27 |
| | 3.1.1 Densidade e porosidade do solo | 27 |
| | 3.1.2 Condutividade hidráulica | 28 |
| | 3.2 Parâmetros avaliados de plantas de cobertura | 29 |
| | 3.2.1 Cobertura do solo | 29 |
| | 3.2.2 Produção vegetal..... | 30 |
| | 3.3 Análise Estatística | 30 |
| 4. | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 31 |
| | 4.1 Atributos Físicos | 31 |
| | 4.2 Condutividade Hidráulica..... | 33 |
| | 4.3 Porcentagem de Cobertura Vegetal | 35 |
| | 4.4 Matéria Seca das Plantas de Cobertura..... | 38 |
| 5. | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 42 |
| 6. | REFERÊNCIAS | 43 |

1. INTRODUÇÃO

Na década de 70, no Rio Grande do Sul, particularmente na Campanha Gaúcha observou-se o surgimento de áreas arenizadas, sendo o fator fundamental para a expansão destes processos de arenização estava correlacionado com a ação antrópica, tanto no uso da pecuária extensiva, através do pastoreio como na agricultura, pelo crescimento da soja em sistema convencional. O sudoeste do Rio Grande do Sul possui área arenizada de aproximadamente 4 mil hectares e com processos de arenização em cerca de 2 mil hectares (ROVEDDER, 2007). Estas últimas tendem a ficar improdutivas ao passar do tempo a partir dos contínuos ciclos de cultivo.

Os areais iniciam naturalmente e são potencializadas pelo uso, clima subtropical úmido e precipitações médias de 1400mm, provocam o escoamento superficial formando as ravinas e voçorocas. Além disso, o uso antrópico pode intensificar este processo de arenização. O processo de arenização surge em áreas que conservam a capacidade natural para a ocorrência de processos erosivos. Sua origem em algumas áreas ocorre da formação de degraus de abatimento para a formação de ravinas e voçorocas. Estes solos são novos, pouco desenvolvidos, frágeis e extremamente vulneráveis à erosão hídrica e à erosão eólica.

No sudoeste do Rio Grande do Sul a existência de núcleo de arenização, no qual a cobertura vegetal do solo foi retirada pela influência da erosão, tanto hídrica como eólica, acaba prejudicando o desenvolvimento das atividades agropecuárias. Dentre os processos que provocam a diminuição da capacidade produtiva do solo, o mais frequente nestas áreas são os focos de arenização e voçorocas. O elemento dominante que facilita a formação dos processos de degradação é a perda da cobertura vegetal, expondo o material arenoso à ocorrência dos agentes erosivos.

A vegetação é um elemento importante para o solo, assim as técnicas de recuperação destas áreas e as práticas conservacionistas assumem importante papel quando identificados os focos de arenização.

Um sistema de manejo associado ao processo de desaceleração da degradação do solo é o sistema plantio direto (SPD), fortemente disseminado nas demais regiões do RS, mas ainda em fase de expansão na Fronteira Oeste do RS. A

aceitação desse sistema de cultivo beneficia as condições químicas, físicas e biológicas dos solos cultivados, resultando no não revolvimento do solo, deixando-o coberto e impedindo o impacto da gota de chuva, favorecendo o controle da erosão eólica, hídrica e a perda de solo.

Juntamente com o SPD, o uso de plantas de coberturas de solo vem crescendo gradativamente nas áreas agrícolas do Brasil, onde utiliza-se sistemas de rotação e sucessão de culturas, de maneira que as diferentes plantas cultivadas contribuem para proteção do solo deixando o material orgânico e nutrientes.

As espécies forrageiras têm o objetivo de proteger o solo contra os processos degradantes como erosão e a lixiviação de nutrientes, além do aumento da infiltração de água no solo, a redução de escoamento superficial e da temperatura.

A utilização de leguminosas como plantas de cobertura constituem uma importante fonte de Nitrogênio (N) ao solo, pelo fato de se associarem simbioticamente com bactérias capazes de transformar o N₂ atmosférico em NH₃ no processo de fixação biológica de Nitrogênio. Já, o acelerado crescimento inicial das gramíneas torna-as uma boa opção para implantação destas culturas, por se desenvolverem rapidamente, e assim cobrindo o solo. O consórcio entre gramíneas e leguminosas pode ser um método eficaz por unir os benefícios de ambas às famílias ao sistema produtivo e possui uma boa relação carbono nitrogênio (C/N), assim retardando a decomposição e liberação de N dos restos culturais.

A espécie *Lupinus albus*, mesmo não sendo considerada uma forrageira, apresenta alto potencial para a recuperação de solos arenizados, apresentando desenvolvimento em solos de baixa fertilidade e, por isso, tem sido usada em estudos de viabilidade de recuperação de áreas degradadas (Rovedder, 2007).

A recuperação de áreas degradadas tem como finalidade reestruturar o solo através da implantação de espécies vegetais, utilizando adubação de forma eficaz para as propriedades do solo.

Os solos possuem diferenças em dinâmica de mobilização, fixação e disponibilidade dos nutrientes para as raízes. Desse modo, é necessário quantificar, por meio de análises químicas, o potencial dos solos em fornecer os nutrientes, além do estado nutricional das plantas, como instrumentos para o uso eficiente de corretivos e fertilizantes (EMBRAPA, 2008). A correção do solo através da adubação e calagem propicia um melhor desenvolvimento das plantas, além da reestruturação das áreas degradadas.

Assim, para o desenvolvimento de qualquer espécie nestas áreas deve-se realizar adubação e calagem, uma vez que o teor de nutrientes disponíveis nestes solos é extremamente baixo, por ser lixiviado rapidamente e apresentar baixa fixação dos nutrientes, o que inviabiliza o crescimento de qualquer espécie, ainda mais forrageiras selecionadas sobre condições químicas favoráveis.

Este trabalho apresenta a necessidade de implantação de plantas de coberturas para recuperação de solos arenizados, além de conhecer a capacidade de estabelecimento de espécies forrageiras em áreas arenizadas, o que pode servir para auxiliar produtores e técnicos na escolha de espécies e práticas de manejo a fim de recuperar a capacidade produtiva destas áreas. Assim, o objetivo desse estudo será avaliar o uso de espécies forrageiras como plantas recuperadoras de solos arenizados e sua capacidade de estabelecimento em ambiente adubado e não adubado.

OBJETIVOS

Objetivo Geral

Avaliar o uso de espécies forrageiras como plantas recuperadoras de solos arenizados e sua capacidade de estabelecimento em ambiente adubado e não adubado.

Objetivos Específicos

i) Avaliar o crescimento e desenvolvimento das espécies forrageiras em ambiente arenizado submetido à adubação e sem adubação.

ii) Avaliar a influência de diferentes plantas de coberturas vegetais nas propriedades físicas do solo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Processos de arenização

Desde a década de 70, o aumento da área de cultivo da soja e a superlotação de áreas utilizadas para produção pecuária, causaram os desgastes naturais dos solos na região sudoeste do Rio Grande do Sul. Assim, estas áreas começaram a ser observadas por conta da ocorrência do aumento da degradação devido as atividades agropecuárias intensificadas. Na atualidade, há concordância que as condições naturais e o uso intensivo nas atividades agropecuária são dois fatores que contribuíram para o surgimento e o aumento dos processos degradativos (ROVEDDER, 2007).

No Brasil, a maioria dos solos sofre algum grau de degradação devido as práticas de cultivos intensos e constantes, como queimadas, desmatamentos e as áreas sem coberturas vegetal, expondo os solos aos agentes naturais como o vento e a água, o que favorece sua degradação. Um solo arenoso com pouca ou nenhuma cobertura vegetal ou nenhuma, pode ocasionar o processo de arenização em poucos anos dependendo da intensidade com que manejos inapropriados de agricultura ou pecuária são conduzidos sobre estas áreas (MACHADO, 2012).

Segundo Suertegaray (1987), areais que possuem dimensões significativas são de origem natural, mas atualmente intensificados pelos processos de uso da terra. A autora também reflete que os areais são áreas degradadas e devem ser recuperados, introduzindo-os ao processo produtivo.

De forma ampla, os areais são áreas sem existência de cobertura vegetal sobre o solo, formada através de sedimentos arenosos. Logo são solos não resistentes e em constante mudança por processos hídricos e eólicos. A perda de nutrientes e a movimentação dos depósitos de areias dificultam o seguimento da formação do solo e a fixação da vegetação (SUERTEGARAY et al, 2012).

Suertegaray et al. (2012), acredita que o início dos areais relaciona-se à morfodinâmica do solo e pode ser abreviado em três fases. A primeira equivale à formação de degraus de abatimento nas cabeceiras de drenagem, a segunda a formação de ravinas e voçorocas e a terceira, a formação do areal.

Os degraus de abatimentos ocorrem normalmente em cabeceiras de drenagem, em superfície (Figura 1), sua formação está correlacionada com a perda de óxidos de ferro, o qual confere características cimentantes ao. A perda de óxidos de ferro das camadas superficiais por escoamento superficial ou subsuperficial resulta na fragmentação das partículas, assim sem seu material de matriz entre os grãos, acarreta na desagregação da superfície (SUERTEGARAY et. al, 2012).

O processo inicial de formação de areais ocorre sob áreas de reduzida biomassa evoluindo para manchas arenosas ou areais propriamente ditos, passando por feições de erosão como áreas de ravinamento e de formação de voçorocas. O retrabalhamento desses depósitos resulta de uma dinâmica onde os processos hídricos superficiais, particularmente o escoamento concentrado do tipo ravina ou voçoroca expõe, transporta e deposita areia, dando origem à formação de areais que, em contato com o vento, através do processo de deflação tendem a uma constante remoção. Em síntese, o progressivo desenvolvimento de ravinas e voçorocas levaria, em fases posteriores, a uma coalescência de depósitos arenosos à jusante. Essa deposição, associada à expansão lateral e remontante das ravinas e voçorocas, promove a formação do areal propriamente dito. (SUERTEGARAY et. al, 2012, p.151).



Figura 1 - Feição denominada degraus de abatimentos Fonte: Suertegaray (2007)

Os areais ocorrem em áreas com resíduos arenosos ou areno – argiloso determinada por formações superficiais, depósitos recentes – quaternários. Estas áreas onde ocorrem os processos de arenização já possuem tendência natural para os processos erosivos (SUERTEGARAY et. al, 2012).

Os areais do Rio Grande do Sul são afetados por fatores naturais como precipitação, temperatura, solo, substrato rochoso, relevo, depósitos rochosos, entre

outros fatores que causam o início e o avanço destas áreas arenizadas sobre a Campanha Gaúcha.

Suertegaray (1987) define que, entre os responsáveis do processo de arenização, distinguem-se os elementos eólico e hídrico agindo com frequência, velocidade, direção e intensidade variáveis no tempo e no espaço. A capacidade de erosão que o vento e a chuva aumentam estas áreas de areias, variam conforme a deposição do substrato rochoso das formações Guará e Botucatu (Figura 2).



Figura 2 – Área com processos de degradação. Fonte: Suertegaray (2007).

Segundo Rovedder (2007) os processos degradativos resultam em voçorocas e focos de arenização, denominados de areais, em constante movimento e expansão. O fator dominante que possibilita a instalação dos processos de degradação é a perda de cobertura vegetal, exibindo o material arenoso à incidência dos agentes erosivos (Figura 3).



Figura 3- Material arenoso à incidência dos agentes erosivos. Fonte: Suertegaray (2007).

2.2 Procedimentos de recuperação de solos degradados

A qualidade do solo é a aptidão que um solo tem para um uso específico. Compreender o desempenho de um solo possibilita aprimorar seu uso, adequando as práticas de manejo às suas características físico – químicas, e assim, reduzir ou evitar processos de degradação (MACHADO, 2012).

Em muitas áreas degradadas o que se nota não é mais solo, mas uma matriz de material mineral, de pobre estrutura física, pouca ou nenhuma matéria orgânica e quantidade muito pequena de nutrientes para as plantas. Se uma cobertura vegetal puder ser estabelecida, iniciar-se-á o processo de formação do solo por meio das alterações químicas, físicas e biológicas do próprio solo, promovidas pela atividade rizosférica das raízes (LONGO, 2010).

Conforme Rovedder (2007), no campo de recuperação de áreas degradadas a técnica de revegetação do solo tem influenciado para o retorno das condições desejáveis do meio edáfico, através da utilização de espécies vegetais capazes de se desenvolver em solos degradados. Rovedder (2007, p.14) “A revegetação seria uma alternativa viável para a recuperação de solos arenizados. Uma das dificuldades está na seleção de qual ou quais espécies vegetais poderiam fazer parte de projetos de revegetação dos areais de forma satisfatória”.

O plantio de leguminosas de rápido crescimento, capazes de formar em curto prazo a cobertura vegetal, tem sido uma prática viável para a recuperação de solos degradados. A maioria dessas espécies, abundantes e diversificadas no Brasil, produz grandes quantidades de biomassa e seu aporte de material orgânico contribui significativamente ao incremento de carbono e nutrientes do solo (Griffith et al., 1996). Para reconstituir o potencial produtivo de um solo, equilibrar e manter o ecossistema, é indispensável o aumento do teor da matéria orgânica. A sua diminuição influencia os processos de formação e estabilização dos agregados do solo, atividade biológica e ciclagem de nutrientes.

2.3 Importância da adubação para a recuperação de áreas degradadas

Área degradada é aquela que sofreu alteração de suas características originais, em decorrência de causas naturais ou oriundas de ação antrópica. Em algumas dessas áreas ocorre a eliminação dos meios bióticos, e estas apresentam baixa recuperação (Reichmann, 1993).

Normalmente, em áreas agrícolas, são utilizados corretivos da acidez, como o calcário, para eliminar os efeitos tóxicos do alumínio e fornecer cálcio e magnésio às plantas, além disso é realizada adubação química para a recomposição dos teores de fósforo e potássio do solo (WADT, 2003).

Os solos arenizados normalmente são profundos e intemperizados, apresentando carência de nutrientes para o desenvolvimento das culturas implantadas. Geralmente são solos ácidos e com baixo teor de matéria orgânica. A calagem do solo ajuda a diminuir sua acidez, sendo esta técnica utilizada, nessas áreas de solos arenosos melhorando a disponibilidade de alguns nutrientes, contribuindo para o desenvolvimento necessário das plantas (PEIXINHO, 2010).

A adubação química são fontes de nutrientes, contendo elementos essenciais para o desenvolvimento e crescimento das plantas. Os nutrientes são divididos em orgânicos (carbono, hidrogênio e oxigênio) e nutrientes minerais (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, ferro, manganês, cobre, zinco, molibdênio, boro, molibdênio), os quais devem ser fornecidos por meio da adubação quando os teores não estão suficientes no solo. Para obtenção de boa produção agrícola, é necessário

que os nutrientes estejam em quantidades adequadas às plantas, proporcionando um maior desenvolvimento e produtividade (CAMARGO, 2012).

2.4 *Lupinus albens*

Popularmente conhecida como tremoço nativo, esta espécie apresenta folíolos e ramos muito pilosos, esta elevada pilosidade diminui a transpiração da planta, fator importante em solos de baixa retenção hídrica. Além de apresentar substâncias resiníferas, o que pode ser um mecanismo da adaptação às condições edafoclimáticas da região, comprovando a sua evolução paralela a um paleoambiente xeromórfico (ROVEDDER, 2007). Estas características, além de atribuírem alta rusticidade à espécie, possuem efeitos benéficos quando do uso da espécie em estratégias de recuperação, contudo a tornam inadequada ao consumo animal (ROVEDDER, 2007).

O vigoroso sistema radicular do tremoço nativo é pivotante, com raízes que chegam a alcançar 1,50 m de profundidade, possibilitando a busca por água e nutrientes a elevadas profundidades. As raízes sustentam nódulos ativos próximos à coifa, devido a associação simbiótica com bactérias fixadoras de nitrogênio (ROVEDDER, 2007).

Segundo Rovedder (2007), o gênero *Lupinus* é composto por plantas anuais herbáceas e arbustivas da família Fabaceae (leguminosa).

Na região sudoeste do Rio Grande do Sul, as espécies do gênero apresentam impressionante adaptação às condições edafo-climáticas, colonizando preferencialmente os solos elevadamente arenosos, como o Neossolo Quartzarênico, principal classe de ocorrência das manchas de areia ou areais, como são chamados focos de degradação por arenização nesta região do estado. Em alguns locais de ocorrência natural observam-se ainda afloramentos do arenito silicificado. Portanto, ocorre em sítios de condições extremas (ROVEDDER, 2007, p.26.).

O *Lupinus albens* destaca-se por apresentar vasta cobertura do solo, crescimento ereto e associação simbiótica com bactérias fixadoras de nitrogênio. Assim, esta alta cobertura do solo, evita a erosão, o aumento a umidade do solo,

diminui a temperatura do solo e possibilita o acréscimo em matéria orgânica e ciclagem de nutrientes.

2.5 Gramíneas (Poaceae)

Pertencente à família das poaceae, a aveia preta (*Avena stugosa*) possui ciclo anual, com crescimento constante e adequado perfilhamento, apresenta colmos cilíndricos, eretos e pouco pilosos, com raízes do tipo fasciculada (CALEGARI et al., 1993). Essa gramínea é utilizada como planta de cobertura, fornecendo rápida cobertura do solo, sendo uma espécie de outono/inverno. Considerada como planta melhoradora de solos, tem característica de auxiliar na redução da população de patógenos e nematóides (COSTA et al., 1992), além de ser recicladora de nutrientes.

Através dos elementos decisivos para o uso intenso de aveia preta, deve ser enfatizado o elevado rendimento de massa seca, rusticidade, rapidez na formação de cobertura e ciclo adequado. Apesar de ser uma espécie eficaz para o controle da erosão hídrica e na contribuição pela adição de carbono orgânico ao solo, a sua relação C/N é alta sendo 40:1 das gramíneas na época de pleno florescimento (DANHALEN, 2013).

A cultura de aveia preta, com finalidade de cobertura do solo, não necessita ser adubada, porém quando for para deixar cobertura verde no solo, sugere-se aplicação por aumentar o rendimento da biomassa, reciclando maior quantidade de nutriente e deixando-o disponível para a cultura posterior (COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 2003).

O azevém (*Lolium multiflorum*) possui de perfilhamento, colmos eretos, cilíndricos, finos e glabros, com sistema radicular fasciculado (FLOSS, 1988) e formação de touceiras. Apresenta alta ressemeadura natural facilidade na aquisição das sementes e baixo custo de implantação (FARINATTI et al., 2006). Essa cultura é classificada como uma das gramíneas mais importantes para pastagens de inverno no estado do Rio Grande do Sul.

O plantio de culturas de cobertura, como o milheto (*Pennisetum americanum*), resulta em alta quantidade de palha sobre o solo, produção de resíduo orgânico, proteção da superfície do solo contra o impacto da gota de chuva da erosão eólica e

superficial, e ainda auxilia para o retorno de nutrientes das camadas do subsolo para a camada superficial (SCOPEL, 2005).

O grande sucesso do milheto como planta de cobertura nos solos do Cerrado brasileiro é em razão da sua alta resistência à seca, à adaptabilidade a solos de baixo nível de fertilidade e à característica de elevada capacidade de extração de nutrientes, devido ao sistema radicular profundo e por ser uma planta de boa capacidade de produção de massa verde e seca. Os nutrientes extraídos pela planta de milheto permanecem na palhada, sendo reciclados ou liberados gradativamente no solo.

2.6 Leguminosas (Fabaceae)

A utilização das leguminosas como fonte de N foi intensamente utilizada durante a primeira metade do século XX. Os benefícios do cultivo de espécies desta família são: produção de cobertura vegetal para proteção do solo, a manutenção da umidade e diminuição das oscilações de temperatura em superfície; facilitar a infiltração de água; melhorar a estruturação do solo; promover a reciclagem de nutrientes e adição de N, além de promover ao longo dos anos o aumento dos teores de matéria orgânica, possibilitando reparações das características físicas, químicas e biológicas do solo (CALEGARI, 2004).

A ervilhaca (*Vicia sativa*) é uma leguminosa, anual de inverno, herbácea, hábito trepador. As raízes são profundas e ramificadas, tem caule fino, flexível e trepador, que atinge até 0,9 m de comprimento (CALEGARI et al., 1993). Apresenta boa capacidade de crescimento e eficiência na cobertura de solo, sendo assim considerada restauradora dos solos agrícolas, na melhoria química de solos pouco fértil. As leguminosas apresentam uma relação C/N de 20:1, a velocidade de decomposição e liberação de N dos resíduos é bastante rápida, comparada a outras espécies de cobertura do solo por apresentar baixa está relação carbono nitrogênio (DANHALEN, 2013).

Conforme Canto (1996), coberturas de solo com leguminosas, beneficiam um superior número de organismos epiedáficos, pois a disponibilidade de ambientes favoráveis é maior. Outro aspecto a considerar é que a fauna edáfica contribui na decomposição de resíduos orgânicos e estruturação do solo. A caracterização da sua

população e diversidade são cruciais para avaliar as interações biológicas no sistema solo/planta.

2.7 Crucíferas (Brassicaceae)

Segundo Danhalen (2013), o nabo forrageiro (*Rapnhanus sativus L.*) é pertencente à família brassicaceae, uma planta anual, herbácea, ereta, muito ramificada, dotada de pêlos ásperos. Seu sistema radicular é pivotante e profundo, em alguns casos, com raiz tuberosa.

Na região Sul do Brasil, sua área de cultivo tem expandido significativamente durante o período de outono/inverno, em virtude de seu baixo custo, rápida velocidade de crescimento e ciclo curto (AMADO et al., 2002). Uma das suas principais características é a elevada capacidade de ciclagem de nutrientes, principalmente N e fósforo, contribuindo para o aumento da disponibilidade de nutrientes no solo, assim podendo ser um grande recuperador de áreas de arenização.

2.8 Influência das plantas de coberturas

O manejo apropriado do solo, o qual mantém a qualidade de suas características físicas, químicas e biológicas do solo é um fator inicial para ocorrer um desenvolvimento sustentável em qualquer atividade humana. Assim a manutenção da qualidade do solo, por ser a principal fonte produtiva de alimentos (ROVEDDER, 2007).

O uso de diferentes coberturas vegetais e de práticas culturais podem atuar diretamente sobre a população da fauna edáfica. Esse efeito, muitas vezes, está relacionado à permanência de resíduos orgânicos sobre a superfície do solo. As coberturas geralmente formam uma camada espessa de matéria verde em decomposição, capaz de hospedar uma fauna mais diversificada (CANTO, 1996).

DANHALEN (2013) afirma que o consórcio entre leguminosa e gramínea para plantas de coberturas vem sendo cada vez mais utilizado pelos produtores, devido a

regulagem entre a manutenção de massa sobre o solo e a disponibilidade de nitrogênio para a cultura. Por possuir melhor fixação biológica de nitrogênio nas leguminosas, além de manter por maior tempo o solo coberto pelas gramíneas.

Um método para agregar na proteção do solo contra as erosões eólicas e hídricas e também propiciar o acréscimo de N, consiste em consorciar espécies com diversas velocidades de decomposição e liberação de nutrientes. Através disso, busca-se consorciar espécies com alta taxa de decomposição e baixa relação C/N como as leguminosas, com espécies de gramíneas de alta relação C/N e lenta decomposição (DONEDA, 2010).

A utilização de consórcio entre as plantas de cobertura é uma excelente opção, principalmente quando se busca a liberação de N em curto espaço de tempo, mas com manutenção da palhada em cobertura do solo por períodos mais longos, beneficiando a cultura em sucessão (DANHALEN, 2013).

3. METODOLOGIA

O experimento foi conduzido no município de Manoel Viana, cerca de 12 km de distância da sede do município a uma latitude de 29°35'31.72" S e longitude de 55°22'05.84" O. A área experimental localiza-se à margem da RS 377, com uma área de 3 hectares de arenização. O clima da região é do tipo Cfa-subtropical úmido, sem estação seca e com temperaturas médias ente 14,3°C no período do inverno e 26,3°C no período do verão, com uma precipitação anual média de 1400 mm, conforme Kopen (Moreno,1961).



Figura 4- Imagem da área experimental extraída do Google Earth-Pro. 2017.



Figura 5 - Imagem da área experimental antes da execução do experimento (Cardoso, 2016).

O experimento foi disposto em um delineamento de blocos ao acaso com parcelas subdivididas com três repetições e dezesseis tratamentos, sendo oito tratamentos somente com plantas de cobertura com espécies de inverno: aveia preta (*Avena strigosa*), azevém (*Lolium multiflorum*), ervilhaca (*Vicia sativa L.*), nabo forrageiro (*Raphanus sativus L.*), *Lupinus albescens*, consórcio aveia preta + ervilhaca, consórcio aveia preta + azevém e solo sem cobertura vegetal e oito tratamentos com as mesmas plantas de cobertura mais adubação e calagem no solo (Figura 6).



Figura 6- Imagem da área experimental, com os blocos e tratamentos após calagem.

No período estival foi semeada a cultura do Milheto (*Pennisetum americanum*) devido a facilidade de implantação e obtenção de sementes. Cada parcela foi desenvolvida em uma área de 16m² (4mx4m), onde a semeadura das plantas de cobertura foi realizada a lanço. Com exceção, o *Lupinus albescens* o qual foi semeado com espaçamento 50cm x 50cm e em linha, com densidade de 12 plantas por metro linear, antecedendo a semeadura foi realizada escarificação mecânica das sementes com lixa.

Os tratamentos com correção do solo antes da semeadura foram aplicados calcário e adubação.

A aplicação de calcário ocorreu no dia 19 de junho de 2016 com uma aplicação de 4 toneladas por ha, a lanço sendo incorporado com um rastelo (Figura 7).



Figura 7- Imagem da área experimental no dia da calagem e semeadura a lanço.

A semeadura da cultura estival ocorreu no dia 23 de novembro de 2016, com uma densidade de 50 Kg.ha^{-1} , semeado a lanço. A cultivar de milho utilizada foi a BRS 1503. No dia da semeadura foi realizada aplicação de fertilizante 2-25-25, com uma dose de 400 Kg.ha^{-1} . Após, no estágio V4 no dia 28 de dezembro de 2016, foi realizada aplicação de ureia, na dose de 200 Kg.ha^{-1} e 100 Kg.ha^{-1} de fertilizante 2-25-25

A semeadura das plantas de cobertura hiberna foi realizada a lanço no dia 16 de junho de 2017. As densidades de semeadura foram as seguintes: aveia preta 120 kg.ha^{-1} , azevém 40 Kg.ha^{-1} , consórcio 80 Kg.ha^{-1} (aveia preta) e 30 Kg.ha^{-1} (ervilhaca), consórcio 80 Kg.ha^{-1} (aveia preta) e 40 Kg.ha^{-1} (azevém), ervilhaca 40 Kg.ha^{-1} , nabo forrageiro 60 Kg.ha^{-1} . A adubação foi realizada com um fertilizante 5-20-20 na dose de 400 Kg.ha^{-1} e no dia 8 de agosto de 2017 no estágio V4 ocorreu a primeira aplicação de uréia com densidade de 200 Kg.ha^{-1} , além de mais uma adubação com 100 Kg.ha^{-1} de 5-20-20. Após 30 dias foram aplicados mais 200 Kg.ha^{-1} de uréia no estágio entre V8 e V9.

3.1 Caracterização física do solo

A textura do solo foi avaliada a análise pelo método da pipeta, conforme Embrapa (2009) a partir de amostras indeformadas, onde foi determinada através do processo de peneiramento, suspensão e sedimentação, no qual determinou o total de partículas que é o somatório da proporção de areia, silte e argila, entre 0 a 100 %, assim.

As coletas de solo para análise física estrutural foram coletadas com cilindros metálicos. Estas amostras com estrutura de solo indeformadas, foram coletadas no fim do ciclo das plantas de coberturas, nas profundidades de 0–5 cm, 5–10 cm, 10–15 cm, 15 – 20 cm, totalizando 192 amostras indeformadas. Após as coletas e toaletes a campo, as amostras foram levadas ao laboratório do Instituto Federal Farroupilha campus – Alegrete, para posterior ensaios.

3.1.1 Densidade e porosidade do solo

A determinação da densidade do solo se dá pela relação entre a massa de solo seco e o volume do anel. Já a macroporosidade ou porosidade de aeração foi calculada pelo volume de água retirado da amostra em coluna de areia (coleta com cilindro metálico) (Figura 5), conforme o método de Reinert & Reichert (2006), desde a saturação até a tensão -6kPa. A microporosidade foi determinada pelo restante de água que ficou retida na amostra, após o período de secagem em estufa a 105 °C durante 24 horas.



Figura 8- Coluna de areia para avaliação da macroporosidade, Método de Reinert&Reichert (2006).
Fonte: Cardoso, (2017).

3.1.2 Condutividade hidráulica

A condutividade hidráulica foi determinada conforme Embrapa (1997), em quais amostras foram coletadas com estruturas preservadas e saturadas, após foram levadas ao permeâmetro de carga constante. No permeâmetro de carga constante, as amostras ficam dispostas por um determinado período de tempo, até que a água esteja estabilizada nas 10 amostras (Figura 6), sendo medida a altura entre a água e a capacidade do cilindro superior. Logo, após inicia-se o processo onde a percolação de água no solo é medida em três repetições de 5 minutos cada.



Figura 9- Ensaio de Condutividade Hidráulica. Fonte: Cardoso (2017).

3.2 Parâmetros avaliados de plantas de cobertura

3.2.1 Cobertura do solo

Para avaliar a influência da cobertura verde sobre o solo foi utilizado um coberturômetro (Figura 7). Este equipamento descreve, a porcentagem de cobertura do solo sobre as diferentes fases do desenvolvimento das plantas. As avaliações foram realizadas nos seguintes dias: 1º de julho de 2017 (após 15 dias), dia 2 de agosto de 2017 (após 40 dias), dia 17 de agosto de 2017 (após 60 dias), dia 1º de setembro de 2017 (após 75 dias) e no fim do ciclo dia 18 de setembro de 2017 (após aproximadamente 100 dias).



Figura 10- Cobertura vegetal do solo. Fonte: Schimitt (2017).

3.2.2 Produção vegetal

Para análise da matéria seca, foram coletadas 0,25 m² de massa verde de cada parcela no fim de seu ciclo, essas foram pesadas para determinar o teor de massa verde. Após, as amostras foram levadas a estufa em 65°C por 72h, para posterior determinação da sua massa seca em balança de precisão. Os restantes dos resíduos vegetais permaneceram a como cobertura do solo para próxima cultura.

3.3 Análise Estatística

O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso com parcelas subdivididas, com três repetições e dezesseis tratamentos, sendo estes oito com adubação e oito sem adubação: aveia preta, azevém, consórcio aveia preta + azevém, consórcio aveia preta + ervilhaca, ervilhaca, *Lupinus albencens*, nabo forrageiro e sem cobertura vegetal e na cultura estival foi utilizado Milheto. Sempre que os efeitos foram

significativos a 5% de probabilidade do erro, as diferenças entre as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Scott-Knott.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Atributos Físicos

A textura do solo foi determinada a partir do total de partículas que é o somatório da proporção de areia, silte e argila, entre 0 a 100 %, assim, foram obtidos os valores de Argila= 2%, Areia Grossa= 62%, Areia Fina= 30% e Silte= 6%. Através do Triângulo Textural, a classe textural na camada de 20 cm, foi classificado como areia.

Os atributos físicos do solo a densidade, porosidade total, macroporosidade, microporosidade, textura, e condutividade hidráulica são relacionados a estrutura com a qual as partículas do solo estão agrupadas. A qualidade física do solo é responsável por proporcionar ao sistema radicular condições físicas apropriadas para o desenvolvimento das raízes e absorção de água.

Por ser um solo arenoso, a porosidade total e a microporosidade, são baixas, enquanto a densidade e a macroporosidade são elevados. A densidade do solo não apresentou diferença significativa entre os tratamentos nas camadas de 0–5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm e de 15–20 cm, com média de densidade nas respectivas camadas de: 1,78 g.cm⁻³, 1,64 g.cm⁻³, 1,66 g.cm⁻³ e 1,62 g.cm⁻³ (Tabela 1). Segundo Reinert e Reichert (2006), os valores normais para densidade de solo arenoso variam de 1,2 g.cm⁻³ a 1,9 g.cm⁻³. Porém a partir de 1,65 g.cm⁻³ tem alta probabilidade de ameaças ao sistema radicular, diminuindo a sua profundidade. Na camada superior observou-se as maiores densidades em relação as camadas inferiores, onde foi observado uma redução da densidade do solo, com uma média de 1,60 g.cm⁻³, tornando-o um ambiente mais favorável ao desenvolvimento do sistema radicular.

Conforme Henrichs, S.d (2010), a porosidade média do solo arenoso é de 35 - 50%. O espaço do solo não preenchido por sólidos e ocupado pela água e ar

constituem a porosidade do solo, determinado como a proporção entre o volume de poros e o volume total de um solo.

Através dos dados obtidos na Tabela 1, referente a porosidade de cada tratamento, nas camadas de 0-5 cm, 5-10, 10-15 cm e de 15-20 cm, todos os tratamentos não obtiveram diferença significativa, apresentou nas respectivas camadas médias de: 41,37%, 41,61%, 42,04% e 46,32%, podendo relacionar que quanto menor a densidade maior será a porosidade do solo.

Segundo Reichert et al. (2002), os teores de macroporosos não podem ser inferiores a 10% por dificultarem a aeração do solo. Sendo assim, os solos arenosos possuem uma boa aeração, contribuindo para infiltração de água no solo. Esses resultados apresentados na Tabela 1, nenhum tratamento obteve diferenças significativas.

Em relação a porcentagem de microporos (Tabela 1), foi observado valores reduzidos comparados a macroporosidade que predomina em solos arenosos. Sendo assim, através do teste Scotty-Knott a 5% de probabilidade, não houve diferenças significativa entre os tratamentos.

Tabela 1- Atributos físicos após o cultivo das plantas de cobertura hibernais

| Tratamento | Densidade | | Porosidade | | Macroporosidade | | Microporosidade | |
|--|-----------|----|------------|----|-----------------|----|-----------------|----|
| | g.cm-3 | | % | | % | | % | |
| -----0-5 cm----- | | | | | | | | |
| Aveia Preta | 1,74 | ns | 43,32 | ns | 36,66 | ns | 6,66 | ns |
| Azevém | 1,73 | | 43,99 | | 37,66 | | 6,33 | |
| AP + Azevém | 1,78 | | 41,66 | | 33,66 | | 8,00 | |
| AP + Ervilhaca | 1,82 | | 40,33 | | 31,67 | | 8,66 | |
| Ervilhaca | 1,82 | | 36,66 | | 30,00 | | 6,66 | |
| Nabo Forrageiro Sem Cobertura Vegetal | 1,76 | | 42,66 | | 34,66 | | 8,00 | |
| Vegetal | 1,81 | | 41,00 | | 33,00 | | 8,00 | |
| CV (%) | 9,52 | | 7,23 | | 11,82 | | 24,72 | |
| -----5-10 cm----- | | | | | | | | |
| Aveia Preta | 1,70 | ns | 45,66 | ns | 34,00 | ns | 11,66 | ns |
| Azevém | 1,61 | | 43,66 | | 34,33 | | 9,33 | |
| AP + Azevém | 1,69 | | 43,66 | | 33,33 | | 10,33 | |
| AP + Ervilhaca | 1,55 | | 38,00 | | 30,00 | | 8,00 | |
| Ervilhaca | 1,60 | | 40,66 | | 32,33 | | 8,33 | |
| Nabo Forrageiro Sem Cobertura Vegetal | 1,58 | | 41,99 | | 32,33 | | 9,66 | |
| Vegetal | 1,75 | | 37,66 | | 30,00 | | 7,66 | |
| CV (%) | 5,88 | | 8,09 | | 9,47 | | 22,66 | |

| ----10—15 cm--- | | | | | | | | |
|--|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|
| Aveia Preta | 1,80 | ns | 43,33 | ns | 32,33 | ns | 11,00 | ns |
| Azevém | 1,65 | | 44,32 | | 32,66 | | 11,66 | |
| AP + Azevém | 1,69 | | 43,66 | | 33,66 | | 10,00 | |
| AP + Ervilhaca | 1,62 | | 40,33 | | 30,00 | | 10,33 | |
| Ervilhaca | 1,53 | | 40,66 | | 32,00 | | 9,33 | |
| Nabo Forrageiro Sem Cobertura Vegetal | 1,69 | | 41,33 | | 30,66 | | 10,66 | |
| CV (%) | 10,19 | | 11,52 | | 15,57 | | 20,57 | |
| -----15-20 cm----- | | | | | | | | |
| Aveia Preta | 1,72 | ns | 42,32 | ns | 29,66 | ns | 12,66 | ns |
| Azevém | 1,51 | | 44,32 | | 30,66 | | 13,66 | |
| AP + Azevém | 1,67 | | 42,99 | | 31,66 | | 11,33 | |
| AP + Ervilhaca | 1,58 | | 40,66 | | 26,66 | | 14,00 | |
| Ervilhaca | 1,61 | | 41,99 | | 28,66 | | 13,33 | |
| Nabo Forrageiro Sem Cobertura Vegetal | 1,56 | | 67,66 | | 56,66 | | 11,00 | |
| CV (%) | 7,55 | | 43,29 | | 59,76 | | 27,51 | |

Médias seguidas por letras minúsculas distintas, na mesma coluna, diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$); CV= coeficiente de variação; ns= não significativo para o teste de Scott-Knott ($p < 0,05$); Ds= Densidade do solo; PT= Porosidade total; Mi= Microporosidade; Ma= Macroporosidade; S/= sem; AP = aveia preta.

4.2 Condutividade Hidráulica

A condutividade hidráulica está relacionada diretamente a estrutura do solo, e como estão distribuídos em macroporos e microporos. A densidade de fluxo de água que passa pelo poro é igual ao quadrado de seu diâmetro. Logo em solos com maior quantidade de macroporos o fluxo de água que passará por um determinado volume será maior (STREK, 2007).

Conforme a Tabela 2, na primeira camada a cultura do nabo forrageiro com adubação apresentou maior condutividade hidráulica, sendo 36% a mais do que o tratamento sem cobertura vegetal. Este resultado deve a esta cultura apresentar sistema radicular pivotante. Já na camada de 5-10 cm a aveia preta sem adubação apresentou 44% maior condutividade do que o *Lupinus albencens* que apresentou menor condutividade, enquanto na camada de 10-15 cm o tratamento sem cobertura

vegetal apresentou 50,12% a mais do que o azevém, e na camada de 15-20 cm o tratamento sem cobertura vegetal apresentou 46% a mais do que o tratamento da ervilhaca.

A condutividade hidráulica é a capacidade que o solo tem em transferir água das camadas superiores até as camadas inferiores, inicialmente é alta e nas camadas mais profundas, tende a diminuir. Observou que na camada inferior os tratamentos que não havia proteção vegetal, ocorreu um selamento do solo nessa camada, dificultando a infiltração de água no solo.

Tabela 2- Condutividade hidráulica após plantas de cobertura

| Tratamentos | Condutividade hidráulica mm.h ⁻¹ | | | | | | |
|--|---|------|-------|-------|-------|-------|----|
| | 0-5 | 5-10 | 10-15 | 15-20 | | | |
| Aveia Preta | 53,68 | ns | 39,30 | ns | 35,26 | 36,18 | ns |
| AP s/adubo | 51,71 | | 55,08 | | 31,94 | 38,38 | |
| Azevém | 55,42 | | 39,77 | | 28,21 | 35,16 | |
| Azevém s/ adubo | 38,67 | | 38,03 | | 44,91 | 47,05 | |
| AP + Azevém | 43,18 | | 43,93 | | 39,19 | 31,22 | |
| AP + AZ s/ adubo | 32,78 | | 43,04 | | 28,78 | 36,05 | |
| AP + Ervilhaca | 56,09 | | 51,54 | | 41,91 | 39,68 | |
| AP + Ervilhaca s/ adubo | 50,04 | | 47,33 | | 29,50 | 41,55 | |
| Ervilhaca | 52,29 | | 40,13 | | 47,60 | 26,64 | |
| Ervilhaca s/ adubo | 38,87 | | 38,68 | | 37,03 | 40,00 | |
| <i>Lupinus Albencens</i> | 43,19 | | 46,47 | | 34,90 | 34,15 | |
| <i>Lupinus Albencens</i> s/ adubo | 22,17 | | 30,76 | | 43,30 | 44,14 | |
| Nabo Forrageiro | 59,25 | | 31,29 | | 29,07 | 29,47 | |
| Nabo Forrageiro s/ adubo | 42,10 | | 32,91 | | 52,01 | 53,28 | |
| Sem Cobertura Vegetal | 41,82 | | 35,18 | | 56,28 | 46,33 | |
| S/ Cobertura Vegetal e s/ adubo | 38,19 | | 52,57 | | 50,41 | 57,80 | |
| CV (%) | 38,78 | | 27,28 | | 16,62 | 29,55 | |

Médias seguidas por letras minúsculas distintas, na mesma coluna, diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$); ns= não significativo para o teste de Scott-Knott ($p < 0,05$); CV= coeficiente de variação. S/= sem; AP = aveia preta.

4.3 Porcentagem de Cobertura Vegetal

A porcentagem de cobertura presente no solo nessas áreas de arenização, onde ocorrem rajadas de ventos mais intensas, as quais propiciam maior depósito de sedimentos, observou-se que a Aveia Preta e o consórcio de Aveia Preta + Azevém apresentam maior cobertura do solo, em diferentes dias após a semeadura, resultando em uma barreira protetora ao vento. Conforme INMET os ventos em Alegrete, RS, no período entre junho a setembro de 2017 atingiram uma média de 8 km.h⁻¹, atingindo pico de 21,6 km.h⁻¹ e mínimo de 1,08 km.h⁻¹. Constatou-se que no período de julho, 45 dias após a semeadura houve uma queda das plantas de coberturas, devido a maior intensidade do vento nessas áreas (Figura 11).

Com o resultado final de porcentagem de cobertura do solo (Figura 8) foi observado que o tratamento com consórcio das culturas de aveia preta e azevém apresentou maior cobertura do solo. Isto se deve ao fato que estas duas culturas consorciadas apresentam um ciclo vegetativo maior, em relação às demais plantas de cobertura do solo. Enquanto a aveia preta se estabelece mais rapidamente como cobertura, o azevém, com um ciclo maior, aumenta o período com que o solo fica coberto com cobertura verde.

PORCENTAGEM DE COBERTURA DO SOLO COM ADUBAÇÃO

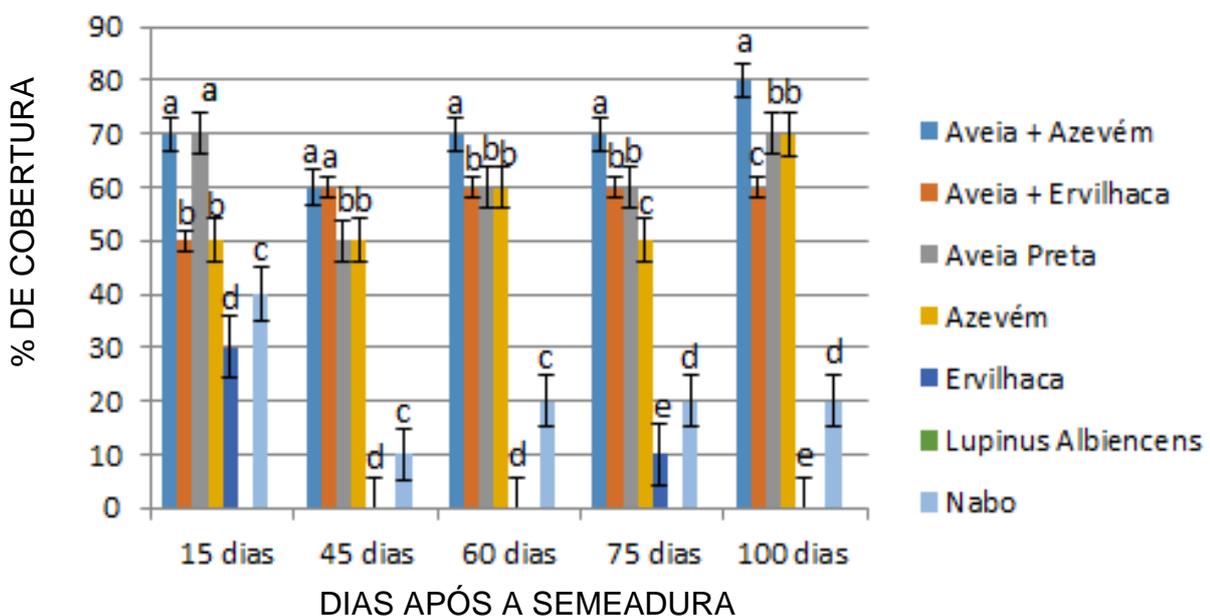


Figura 11- Porcentagem de cobertura do solo para diferentes plantas de cobertura em cinco momentos após a germinação.

Os tratamentos no qual não foram adubados, as culturas apresentaram germinação, no entanto, na fase vegetativa cessou seu desenvolvimento (Figura 12). Sendo assim, somente as culturas com os tratamentos adubados foram avaliadas.



Figura 12- Imagem da área experimental dos tratamentos após a germinação, nos tratamentos sem adubação o crescimento cessou (Cardoso, 2017).

Dentre os fatores prejudiciais nestas áreas, destaca-se a erosão eólica, que prejudica o desenvolvimento das culturas por transportar sedimentos arenosos sobre a cultura, deixando-as cobertas ou cortadas pelo vento, conforme as Figuras 13 e 14. Ao longo do desenvolvimento das culturas, foi observada que os tratamentos da ervilhaca e o nabo forrageiro foram prejudicados por estes sedimentos arenosos transportados pela ação do vento intenso.



Figura 13- Imagem do tratamento da cultura do nabo forrageiro, sendo coberto por sedimentos arenosos.



Figura 14- Imagem do tratamento da cultura da aveia preta, sendo coberta por sedimentos arenosos.

4.4 Matéria Seca das Plantas de Cobertura

A cobertura do solo com material orgânico em solos com processos de arenização, foi eficiente à proteção contra erosão eólica e na perda de nutrientes por lixiviação, além de manter o solo protegido contra o impacto da gota de chuva. A decomposição do material orgânico depende da relação C/N de cada cultura, resultando em diferentes períodos de tempos que estes resíduos ficam sobre ao solo.

Através dos resultados obtidos na Tabela 3, observou-se que a ervilhaca e o *Lupinus albencens* foram as culturas que não se desenvolveram nesses solos, deixando-os exposto a todos as intempéries climáticas, acelerando o processo da erosão eólica.

A ervilhaca por ser uma leguminosa, caracteriza por ser uma planta sensível, assim seu desenvolvimento foi prejudicado pelo transporte de partículas arenosas sobre estas e falta de nutrientes para a planta.

A cultura de aveia preta consorciada ou não, foi a que apresentou maior porcentagem de matéria seca, com um acréscimo de 32% a mais do que a cultura do nabo forrageiro de menor cobertura de massa seca. O azevém apresentou 22% de capacidade de produção de massa seca relevante. As plantas de cobertura de *Lupinus albencens* e a ervilhaca não obteve produção de matéria seca.

Os tratamentos sem adubação e calagem, não obteve desenvolvimento das culturas hibernais.

Na Tabela 3 estão apresentados os dados referentes à produção de matéria seca determinado no fim do período do cultivo aos 100 dias após semeadura.

Tabela 3- Produção de matéria seca das plantas de cobertura com adubação e calagem

| Tratamento | Matéria Seca (Kg.ha⁻¹) |
|--------------------------------|--|
| Aveia Preta | 4018,66 ns |
| Azevém | 3489,33 |
| Aveia Preta + Azevém | 3885,33 |
| Aveia Preta + Ervilhaca | 3677,33 |
| Nabo Forrageiro | 2724,00 |
| CV % | 31,05 |

Médias seguidas por letras minúsculas distintas, na mesma coluna, diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$); ns= não significativo para o teste de Scott-Knott ($p < 0,05$) CV= coeficiente de variação.

O tratamento sem cobertura vegetal, e os tratamentos nos quais as plantas não houve desenvolvimento quando mesmo adubadas, apresentaram invasão de plantas daninhas, como buva (*Conyza bonariensis*) e capim anoni, além de culturas como milho e brachiaria, sendo estas utilizadas com frequência para alimentação de animais. Assim, conforme as Figuras 15, 16, 17 e 18 comprovam que a adubação mineral nessas áreas é uma alternativa eficaz para a recuperação de áreas arenizadas.



Figura 15- Imagem do tratamento da cultura *Lupinus albencens*, com plantas daninhas.



Figura 16- Imagem do tratamento sem cobertura vegetal, com plantas daninhas.



Figura 17- Imagem do tratamento da cultura *Lupinus albescens*, com plantas daninhas.



Figura 18- Imagem do tratamento da cultura de ervilhaca, com plantas daninhas.

Através do teste Scott-Knott a 5% de probabilidade, não houve diferença significativa para a cultura do Milheto (Tabela 4). Contudo apresentou eficiência como cobertura do solo, protegendo o solo contra os processos degradantes como erosão e a lixiviação de nutrientes, além do aumento da infiltração de água no solo, a redução de escoamento superficial e conseqüentemente da temperatura. O plantio de culturas de cobertura como o milheto, resulta em alta quantidade de palha sobre o solo, auxiliando na produção de resíduo orgânico, protegendo a superfície do solo contra o impacto da gota de chuva, da erosão eólica e superficial e ainda auxilia para o retorno de nutrientes das camadas do subsolo para a camada superficial.

Na Tabela 4, foram apresentados os dados referentes ao teor de matéria seca da cultura estival no período final de desenvolvimento do Milheto.

Segundo Salton (1995), em condições desfavoráveis de baixa umidade e fertilidade do solo o milho demonstra que o potencial produtivo da cultura para condições desfavoráveis é em média de 6,8 t.ha⁻¹. Já, a Embrapa Milho e Sorgo (2016), afirma que o potencial produtivo de massa seca do milho em condições favoráveis de solo pode chegar até 20 t.ha⁻¹. Sendo assim, a cultura do milho para áreas arenizadas apresentou em média 8105,86 kg.ha⁻¹, sem influência de culturas antecessoras, sendo uma cultura com potencial para ser utilizada nos próximos anos.

Tabela 4- Produção de matéria seca da cultura estival com adubação e calagem

| Tratamento | Matéria Seca (Kg.ha⁻¹) Milho | |
|---------------------------------|--|----|
| Aveia Preta | 12054,93 | ns |
| Azevém | 13467,20 | |
| Aveia Preta + Azevém | 12237,06 | |
| Aveia Preta + Ervilhaca | 10182,53 | |
| Ervilhaca | 7963,86 | |
| <i>Lupinus Albencens</i> | 10651,86 | |
| Nabo Forrageiro | 11550,66 | |
| CV % | 49,45 | |

Médias seguidas por letras minúsculas distintas, na mesma coluna, diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$); ns= não significativo para o teste de Scott-Knott ($p < 0,05$); CV= coeficiente de variação.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Alternativas para a recuperação de áreas arenizadas no sudoeste do Rio Grande do Sul comprovou que há grande chance de torná-las áreas produtivas ao longo do tempo. Práticas conservacionistas, adubação, calagem e agilidade do produtor em observar focos de arenizações tornam-se medidas importantes para a recuperação dessas áreas que estão sob intensificação dos processos de degradação.

Em relação às propriedades físicas do solo, a macroporosidade, responsável pela aeração e infiltração de água no solo, foi o parâmetro que mais explicou o processo de percolação de água no solo.

A cultura hibernal aveia preta consorciada ou não, e a cultura estival do Milheto, ambos adubados, mostraram que com adubação e calagem, há grande potencial de melhorar o rendimento e o condicionamento do solo, tornando-o menos suscetível à erosão eólica, à perda de nutrientes e ao escoamento superficial.

6. REFERÊNCIAS

AMADO, Telmo J.; MIELNICZUK, João; AITA, Celso. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de coberturas do solo, sob sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, p.241-248, 2002.

CALEGARI, Ademir et al. **Adubação verde no sul do Brasil**. AS-PTA, Rio de Janeiro, 346p. 1993.

CALEGARI, Ademir. PLANTAS DE COBERTURA: Alternativas de culturas para rotação em plantio direto. **Revista Plantio Direto**. Ano XIII. n.80. p.62-70. 2004.

CANTO, A.C. Alterações da mesofauna do solo causadas pelo uso de cobertura com plantas leguminosas na Amazônia Central. **Revista Ciências Agrárias**, v.4, n.5, p.79-94, 1996.

CAMARGO, S.C; **A importância do uso de fertilizante para o meio ambiente**. Pesquisa e tecnologia, v.9, n.2, 2012.

COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA. **Indicações técnicas para a cultura de aveia**. Passo Fundo, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2003. 87p.

COSTA, M. Baltasar B et al. **Adubação verde no Sul do Brasil**. AS-PTA, Rio de Janeiro, 342.p, 1992.

DANHALEN, A.R; **Plantas de cobertura de inverno em sistemas de produção de milho sob plantio direto no sudoeste do Paraná**. 2013. 97 f. Dissertação (Produção vegetal) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2013.

DONEDA, A. **Plantas de cobertura de solo consorciadas e em cultivo solteiro: decomposição e fornecimento de nitrogênio ao milho**. Santa Maria, RS, Brasil. 2010.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro,1997. 212p.

EMBRAPA. **Milho e sorgo sistema de produção**. 5.ed. Brasília, 2016.

FARINATI, Luis H. E. et al. **Avaliação de diferentes cultivares de Azevém no desempenho de bezerros**. IN: XXI Reunião do Grupo Técnico em Forrageiras do Cone Sul, PELOTAS-RS, **Anais...**, 2006.

FLOSS, Elmar L. **Manejo forrageiro de aveia (Avena sp) e azevém (Lolium sp)**. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, v.9,1988. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1988. 358p.

GALLO, D et al. Manual de entomologia agrícola. São Paulo: ceres, 1988. 649p.

GRIFFITH, J.J.; DIAS, L.E.; JUCKSON. **Recuperação de áreas degradadas usando vegetação nativa**. Saneamento Ambiental, v.6, p.28-37, 1996.

LONGO, R.M; **Uso da adubação verde na recuperação de solos degradados por mineração na floresta amazônica**. Bragantia, Campinas, v. 70, n. 1, p.139-146, 2011.

HEINRICH, R. **Porosidade do solo**. Universidade Estadual Paulista- Campus de Dracena. Curso de Zootecnia- Disciplina de Solos. Sd.

MARCHÃO, R.L.; LAVELLE, P.; CELINI, L.; BALBINO, L.C.; VILELA, L.; BECQUER, T. Soil macrofauna under integrated crop-livestock systems in a Brazilian Cerrado Ferralsol. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.44, p.1011-1020, 2009.

MACHADO, J.C.V; **Recuperação de solo em processo de arenização com o uso de espécies vegetais em pomar de amoreira-preta**. 2012. 56 f. Dissertação (Mestrado em Agrobiologia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

MORENO, José Alberto. 1961.Clima do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, **Secretaria da Agricultura**, 42p. 1961.

PEIXINHO, D.M.; SCOPEL, I.; SOUSA, M.S; **o homem e a terra: o uso e a ocupação de neossolos quartzarênicos (rq) em Serranópolis-GO, brasil**. Universidade de Coimbra, 2010.

REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. **Propriedades físicas do solo** – Centro de Ciências Rurais. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2006.

ROVEDDER, A.P.M; **Potencial do *Lupinus albescens* Hook. & Arn. Para recuperação de solos arenizados do bioma pampa.** 2007. 145 f. Tese (Doutorado em ciência do solo) - Do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo) da Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2007.

SALTON, J.C.; KICHEL, A.N. Milheto: Alternativa para cobertura do solo e alimentação animal. Dourados: EMBRAPA. Informativo. 1995.

SUERTEGARAY, D.M.A; SILVA, L.A.P; GUASSELLI, A.L. **Arenização natureza socializada.** 1.ed.Porto Alegre: Compasso Lugar Cultura, 2012.

SUERTEGARAY, D.M.A. **A Trajetória da Natureza um Estudo Geomorfológico sob os Arenais de Quaraí/RS.** Tese de Doutorado. USP- FFLCH, 1987.

SCOPEL, I; **a formação de areais e seu controle na região de jataí e Serranópolis/GO.** JATAÍ, 2005.

WADT, P.G.S; **Práticas de conservação do solo e recuperação de áreas degradadas.** ACRE: Rio Branco, 2003.