

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

Pablo do Amaral Alongo

**ESCOAMENTO SUPERFICIAL DE ÁGUA EM UM ARGISSOLO
COM PLANTAS DE COBERTURA SOB CHUVA NATURAL**

Santa Maria, RS, Brasil
2021

Pablo do Amaral Alonço

**ESCOAMENTO SUPERFICIAL DE ÁGUA EM UM ARGISSOLO COM
PLANTAS DE COBERTURA SOB CHUVA NATURAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Ciência do Solo**.

Orientador: Prof^o. Dr. Dalvan José Reinert

Santa Maria, RS, Brasil
2021

do Amaral Alonço, Pablo
ESCOAMENTO SUPERFICIAL DE ÁGUA EM UM ARGISSOLO COM
PLANTAS DE COBERTURA SOB CHUVA NATURAL / Pablo do Amaral
Alonço.- 2021.
47 p.; 30 cm

Orientador: Dalvan José Reinert
Coorientador: Paulo Ivonir Gubiani
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós
Graduação em Ciência do Solo, RS, 2021

1. Plantas de cobertura 2. Escoamento superficial de
água 3. Chuva natural I. José Reinert, Dalvan II. Ivonir
Gubiani, Paulo III. Título.

Pablo do Amaral Alonço

**ESCOAMENTO SUPERFICIAL DE ÁGUA EM UM ARGISSOLO COM
PLANTAS DE COBERTURA SOB CHUVA NATURAL**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Ciência do Solo**.

Aprovada em 27 de Outubro de 2021:



Dalvan José Reinert, Dr. Eng. (Orientador, UFSM)



Gilberto Loguercio Collares, Dr. Eng.^a (Participante, UFPel)



Deonir Secco, Dr. Eng., (Participante, UNIOESTE)

Santa Maria, RS

2021

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, **Airton dos Santos Alonço**, **Ana Emília do Amaral Alonço** e ao meu irmão **Airton dos Santos Alonço Junior**, pelo carinho, exemplo e incentivo em seguir o caminho do bem, do estudo e da honestidade.

Agradeço à minha namorada, **Bruna Fragoço Rodrigues**, pelas conversas, afeto, companheirismo e paciência durante a execução do mestrado e em todos os demais momentos, os quais foram essenciais para a finalização deste trabalho.

Agradeço ao professor **Dalvan José Reinert**, pela orientação, pelas ajudas no campo, nas análises estatísticas e na edificação do conhecimento sobre Física do Solo.

Agradeço aos pós-graduandos **Micael Stolben Malmann**, **Lucas Rauber** e **Fábio Pires** pelo auxílio no desenvolvimento e implementação à campo de boa parte do experimento.

Agradeço aos bolsistas de iniciação científica **Willian Foggiato** e **Jussara Cauduro**, pelo auxílio no desenvolvimento e manutenção do experimento à campo.

Agradeço a **Universidade Federal de Santa Maria**, ao **Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo** e ao **CNPQ** por ofertar um curso de pós-graduação de extrema qualidade bem como uma estrutura para estudo exemplar, apesar de todas as dificuldades.

Agradeço aos **colegas de laboratório** pelos momentos de descontração e ajuda durante o período em que convivemos juntos na “salinha”.

A todos que de forma direta ou indireta contribuíram para a execução deste trabalho,
Muito obrigado!

“A vida só pode ser compreendida olhando-se em retrospecto, mas deve ser vivida olhando-se para frente”

Soren Kierkgaard

RESUMO

ESCOAMENTO SUPERFICIAL DE ÁGUA EM UM ARGISSOLO COM PLANTAS DE COBERTURA SOB CHUVA NATURAL

AUTOR: Pablo do Amaral Alonço
ORIENTADOR: Dalvan José Reinert

As atividades humanas tem causado grande impacto negativo no escoamento superficial de água no solo. Visando minimizar estes efeitos, as plantas de cobertura passaram a ocupar posição de destaque no manejo do solo. Assim, compreender com maior exatidão os fatores que condicionam menores volumes de água escoada são fundamentais para desenvolver um planejamento estratégico no manejo sustentável do solo. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar se diferentes plantas de cobertura influenciam de forma significativa no escoamento superficial de água no solo sob condição de chuva natural. Para isso, este estudo foi composto de seis tratamentos: Solo desnudo (SD), Gramapensacola (GP), Amendoim-forrageiro (AF), Azevém (AZ), consórcio de aveia e nabo (AN) e consórcio de aveia e ervilhaca (AE) em um delineamento de blocos casualizados (DBC) com 4 blocos, totalizando 24 unidades experimentais. Ao todo, foram avaliados 23 eventos de chuva natural. Para determinar o volume de água escoada foram utilizadas calhas coletoras equipadas com sensores de pressão ligados a um micro controlador com suporte para armazenamento de dados com conexão *wi-fi* com um servidor remoto. Também foram utilizados sensores de umidade ligados a um datalogger e um pluviômetro automático para aferir a umidade do solo e os volumes de chuva durante as precipitações. Além disso, foram coletadas amostras para quantificar a produção de biomassa em diferentes épocas (40, 90, 110 e 140 dias após a semeadura) do ciclo de desenvolvimento das mesmas. Os resultados indicaram que os cultivos perenes de GP e AF apresentaram as maiores produções de biomassa. Já dentre os cultivos anuais, destacou-se o AE. Já quanto ao escoamento superficial de água, em chuvas menores que 10 mm, o escoamento foi desprezível para todos os tratamentos. No entanto, em precipitações mais elevadas, o SD sempre apresentou os maiores volumes de água escoada. Além disso, todos os demais tratamentos apresentaram bons índices de escoamento, com destaque, principalmente para os tratamentos AZ, GP e AN. Nas precipitações com alta intensidade, o escoamento superficial foi mais elevado em todos os tratamentos, porém com maior dimensão para o SD. Quanto mais próxima da saturação os solos estiverem, maior será o volume de água escoada. Por fim, solos com elevada biomassa apresentarão escoamento superficial menor do que solos desnudos.

Palavras-chave: Plantas de cobertura. Escoamento superficial de água. Chuva natural.

ABSTRACT

SURFACE RUNOFF WATER IN AN ULFISOL WITH COVER CROPS UNDER NATURAL RAIN

AUTHOR: Pablo do Amaral Alongo

ADVISOR: Dalvan José Reinert

The human activities have caused a great negative impact on the surface runoff of water in the soil. Aiming to minimize these effects, the cover crops started to exercise an important position on soil management. However, understand with more accuracy the factors that condition smaller surface runoff water volumes are fundamental to develop a strategical planning to the sustainable management of soil. Thus, this work aimed to evaluate if different cover crops presented differences on the surface runoff in natural rain events. The study was composed by six treatments: Naked soil (SD), *Paspalum notatum* (GP), *Arachis pintoii* cv Belomonte (AF), *Lolium multiflorum* (AZ), *Avena strigosa* + *Raphanus sativus* (AN) and *Avena strigosa* + *Vicia villosa* (AE) in a randomized block design (DBC) with 4 blocks, totalizing 24 experimental units. 23 natural rain events were evaluated. To determine the volume of water surface runoff were used collector gutters with pressure sensors connected in an Arduino Mega with wifi connection in an remote server. Also, were used umidity sensors connected in an datalogger and one automated pluviograph to mensure the soil umidity and the total volume of rain during the events. Furthermore, were collected samples of each treatment to evaluate the biomass production in differents times of development. The results showed who the perennial crops of GP and AF presented the higher biomass production. Between the annual crops, stand out the AE. In events below 10 mm, the surface runoff was negligible for all treatments. However, in the others, SD ever presented the higher volumes of surface runoff of water. In addition, all of the other treatments presented acceptable runoff rates, especially AZ, GP and AF. Despite this, in high intensity rainfall, the runoff was higher in all treatments, but, with greater dimension in SD. Furthermore, closer the soils were to the saturation, higher were the volume of surface runoff. Finally, soils with higer biomass presented less surface runoff than naked soils, but, other factors will also affect the attainment of smaller volumes of surface runoff of water.

Keywords: Cover crops. Surface runoff. Natural rain.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Área em que o experimento foi conduzido (A)	21
Figura 2 - Vista parcial das parcelas experimentais.	23
Figura 3 - Calha coletora d'água e, a sua direita, tubo em que foi instalado o sensor MPX 5010 DP.	23
Figura 4 - Pluviômetro instalado na área experimental, sem a proteção e área de coleta da água.	24
Figura 5 - Micro controladores com suporte para armazenamento de dados e placa eletrônica para leitura das tensões dos sensores e estimativa da precipitação e volume de água escoado por parcela (a) e Datalogger CR1000 com um multiplexador AM16/32B (b).	25
Figura 6 - Croqui com a distribuição espacial dos blocos e unidades experimentais. ...	26
Figura 7 - Produção de Massa Seca das culturas de cobertura ao longo do ciclo de desenvolvimento. Semeadura em 06/05/2020.	29
Figura 8 - Data e volume das precipitações ao longo do período de avaliação.	30
Figura 9 - Relação entre massa seca (ton ha^{-1}) e umidade do solo ($\text{cm}^3 \text{cm}^3$) aos 2,5 e 7,5 cm de profundidade no cultivo de Grama Pensacola ao longo do ciclo de desenvolvimento. Semeadura em 06/05/2020.	3131
Figura 10 - Relação entre massa seca (ton ha^{-1}) e umidade do solo ($\text{cm}^3 \text{cm}^3$) aos 2,5 e 7,5 cm de profundidade no cultivo de Amendoim Forrageiro ao longo do ciclo de desenvolvimento. Semeadura 06/05/2020.	31
Figura 11 - Relação entre massa seca (ton ha^{-1}) e umidade do solo aos 2,5 e 7,5 cm de profundidade no cultivo de Azevém. Semeadura em 06/05/2020.	322
Figura 12 - Relação entre massa seca (ton ha^{-1}) e umidade do solo aos 2,5 e 7,5 cm de profundidade no cultivo consorciado de Aveia e Nabo Forrageiro. Semeadura em 06/05/2020.	332
Figura 13 - Relação entre massa seca (ton ha^{-1}) e umidade do solo aos 2,5 e 7,5 cm de profundidade no cultivo consorciado de Aveia e Ervilhaca. Semeadura em 06/05/2020.	333
Figura 14 - Relação entre massa seca (ton ha^{-1}) e umidade do solo aos 2,5 e 7,5 cm de profundidade em Solo Desnudo. Capina manual em 06/05/2020.	343
Figura 15 - Índice de Escoamento para Solo Desnudo, Amendoim Forrageiro, Grama Pensacola, Aveia + Nabo, Aveia + Ervilhaca e Azevém avaliadas dentro de cada grupo de precipitação.	36
Figura 16 - Escoamento ao longo do tempo em cada cultivo de cobertura em eventos de chuva dentro de cada grupo de precipitação.	39
Figura 17 - Variação na umidade do solo a 7,5 cm de profundidade durante os eventos em cada grupo de precipitação.	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição granulométrica do perfil de solo do local do experimento.....	22
Tabela 2 - Massa seca das coberturas do solo (ton ha^{-1}), nos tratamentos: amendoim forrageiro (AF), solo desnudo (SD), aveia + ervilhaca (AE), aveia + nabo (AN) e grama pensacola (GP) aos 40, 90, 110 e 140 dias após a semeadura. Data de semeadura: 06/05/2020.....	28
Tabela 3 - Análise estatística pelo teste t dos índices de escoamento obtidos dentro de cada grupo de precipitação.	35

LISTA DE ABREVIATURAS

EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria
LaFis	Laboratório de Física do Solo

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1	PLANTAS DE COBERTURA DO SOLO	15
2.1.1	Caracterização das plantas de cobertura.....	15
2.2	INFILTRAÇÃO E ESCOAMENTO SUPERFICIAL DE ÁGUA NO SOLO ...	18
3	MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL	21
3.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS.....	22
3.3	CULTURAS E TRATOS CULTURAIS.....	27
3.4	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	27
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4.1	AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE MASSA SECA	28
4.1.1	Relação entre produção de massa seca e umidade do solo	30
4.2	AVALIAÇÃO DA INFILTRAÇÃO E DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL ..	34
5	CONCLUSÕES.....	42
6	REFERÊNCIAS	43

1 INTRODUÇÃO

O impacto das atividades humanas é um dos principais fatores que influenciam no escoamento superficial de água no solo. Quantificar a infiltração e o escoamento é uma atividade complexa, visto que vários fatores determinam a taxa de água que chega na superfície do solo e a taxa de água que pode infiltrar no mesmo (SHAXSON & BARBER, 2003). Assim, compreender os mecanismos que auxiliam na obtenção de menores volumes de escoamento superficial é crucial para conseguirmos desenvolver um planejamento estratégico no manejo sustentável do solo (FU et al., 2017).

Com o objetivo de melhorar as condições físicas do solo e, conseqüentemente, reduzir o volume de água escoada superficialmente, historicamente realizava-se o preparo convencional do solo, este método, porém, expõe o solo de forma excessiva, possibilitando a ocorrência de selamento superficial e, facilitando o processo de erosão do mesmo (CARVALHO et al., 2015; ALMEIDA et al., 2018). Além disso, áreas em que há pouca ou nenhuma cobertura do solo, há maior ocorrência de escoamento superficial, decréscimo na produtividade e elevação na densidade do solo (DIDONÉ et al., 2014).

Visando melhorar a produtividade dos cultivos e reduzir a degradação do solo, o uso de plantas de cobertura, tanto em sistema de rotação como perenes passou a ser mais estudado e adotado, de modo que já têm se observado melhorias no solo ao utilizar esta estratégia (CLERMONT-DAUPHIN, 2016; SASTRE et al., 2018; ADETUNJI et al., 2020). Assim, o uso de plantas de cobertura traz melhoras ao sistema produtivo, pois com a maior ciclagem de nutrientes há um aumento na produtividade, além de reduzir o escoamento superficial e aumentar a infiltração (FOLORUNSO et al., 1992; BAI et al., 2014; GARCÍA-GONZÁLEZ et al., 2018). O manejo das culturas de cobertura também influencia na melhoria das propriedades hidráulicas do solo, como a condutividade hidráulica do solo saturado e em outras propriedades, como a densidade do solo, a distribuição de poros ao longo do perfil de solo, o volume total de água infiltrada e, conseqüentemente, redução do escoamento superficial (ÇERÇIOĞLU et al., 2019).

A escolha das culturas de cobertura, no entanto, deve ser realizada a partir de uma análise criteriosa das mesmas, uma vez que as diferentes plantas apresentam uma série de particularidades, como sistema radicular, ciclo e biomassa, que causarão efeitos distintos no incremento das propriedades físicas do solo e na redução do potencial negativo do balanço hídrico (GLAB et al., 2013; MEYER et al., 2020).

No que diz respeito à umidade e temperatura do solo, avaliações com diferentes plantas de cobertura indicaram um bom desempenho na utilização do amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*) e menores taxas de infiltração acumulada em parcelas com solo desnudo (ROCHA, 2018; MALLMANN, 2017). No entanto, mesmo após alguns anos com experimentos implantados avaliando os efeitos das plantas de cobertura, algumas propriedades físicas como distribuição de poros, densidade, permeabilidade, condutividade hidráulica e agregação do solo não apresentaram alterações significativas (ROCHA, 2018). Por outro lado, foram obtidos indícios de que existem diferenças significativas na infiltração de água no solo, o que afeta diretamente o escoamento superficial (MALLMANN, 2017).

Para quantificar a infiltração de água no solo existem diversas metodologias, como simulador de chuva, infiltrômetro de duplo anel concêntrico, infiltrômetro de cornell e permeâmetro de guelph (PRUSKI et al., 1997; COSTA et al., 1999; POTT, 2001; POTT & DE MARIA, 2003). Em contrapartida à chuva natural, alguns métodos podem superestimar a infiltração de água, como é o caso do duplo anel concêntrico, infiltrômetro de cornell e permeâmetro de guelph (POTT, 2001; MALLMANN, 2017). Já o simulador de chuva apresenta uma série de dificuldades para utilização no campo, como transporte, volume de água requerido e dificuldades em simular as variações de intensidade das chuvas. Por outro lado, quantificar o escoamento superficial pode ser realizado de forma mais rápida, eficiente e utilizando um sistema de monitoramento de baixo custo (MALLMANN et al., 2018).

Diante do exposto, o objetivo desta dissertação foi avaliar se diferentes plantas de cobertura influenciam de forma significativa o escoamento superficial de água no solo sob condição de chuva natural e medições automatizadas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 PLANTAS DE COBERTURA DO SOLO

O uso de plantas de cobertura tem contribuído para ajudar na recuperação de solos degradados e com baixa porosidade, melhorando a infiltração de água no solo, reduzindo as perdas por escoamento superficial, evaporação e as camadas adensadas do solo. A escolha do material que será utilizado como cobertura, no entanto, pode variar, inclusive em função da disponibilidade de obtê-los. Ao utilizar plantas de cobertura, acarreta-se no acúmulo de biomassa sob a superfície do solo além de favorecer a elevação da atividade biológica e do desenvolvimento radicular (SHAXSON & BARBER, 2003).

A utilização das plantas de cobertura contribui na manutenção do solo com resíduos culturais além de proporcionar rotação de culturas na área (REICOSKY, 2015). Junto a isso, em áreas irrigadas, principalmente, as plantas de cobertura também atuam como um agente benéfico ao ecossistema, contribuindo largamente no controle da erosão, perda de água e mitigação da degradação do solo (GARCÍA-GONZALEZ et al., 2018).

Existem diversas culturas que podem ser utilizadas como plantas de cobertura, podendo ser plantas nativas, cultivos perenes e/ou cultivadas por um certo período de tempo, normalmente em entressafras. Ainda, as plantas de cobertura podem ser empregadas de forma isolada ou consorciada, combinando leguminosas e gramíneas em um mesmo cultivo, por exemplo (CALEGARI, 2008).

Além dos benefícios para uma melhor estruturação e recuperação dos solos, que irá repercutir em uma maior produtividade das culturas agrícolas que forem implementadas posteriormente, o uso de plantas de cobertura também contribui para a elevação no estoque de carbono, modera os fluxos de gases e auxilia na manutenção da temperatura do solo e nos fluxos de calor do mesmo (LAL, 2015), além de auxiliar na supressão de plantas daninhas, incrementar a matéria orgânica do solo, auxiliando assim também nas propriedades químicas e biológicas do solo (ADETUNJI, 2020).

2.1.1 Caracterização das plantas de cobertura

Dentre as plantas de cobertura do solo mais utilizadas, destacam-se as leguminosas (Fabaceae), devido à grande capacidade de fixação de nitrogênio. Uma das leguminosas utilizada como planta de cobertura do solo é o feijão-caupi (*Vigna*

unguiculata). O feijão-caupi é uma espécie anual, ereta e resistente ao calor que produz de 15 a 25 t ha⁻¹ de massa verde e 3 a 5 t ha⁻¹ de massa seca, podendo fixar até 240 kg ha⁻¹ de nitrogênio por ano (WUTKE et al., 2014). Além disso, ele também pode ser utilizado como planta forrageira de verão para bovinos além de cultivado com fins de consumo humano, inclusive, órgãos como a EMBRAPA já tem desenvolvido diversas variedades melhoradas geneticamente visando o cultivo e consumo em larga escala (ROCHA et al., 2016; NORBERTO et al., 2020).

Além do feijão-caupi, o feijão-guandú (*Cajanus cajan*) também apresenta destaque na possibilidade de ser utilizado como planta de cobertura do solo durante o verão. O guandu é uma planta rústica e tolerante à solos pouco férteis e a seca, sendo assim extremamente interessante para regiões que apresentam déficit hídrico. Ele pode produzir até 15 t ha⁻¹ de matéria seca e fixar 150 kg de N ha⁻¹, inserindo-se assim como uma ótima fonte de cobertura do solo, recuperação de áreas degradadas e adubação verde, uma vez que a degradação da sua biomassa ocorre de maneira rápida, em função da sua alta relação C/N. Além disso, em sistemas de produção mistos, o guandu pode ser uma alternativa para o pastejo animal, uma vez que não é tóxico para os mesmos e ainda contribui no incremento de proteína (AMABILE et al., 1996; OLIVEIRA et al., 2010; GODOY & SANTOS, 2010).

Já quanto a coberturas de solo perenes, dentro das Fabaceae destaca-se o amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* cv Belomonte), uma planta com característica herbácea, rasteira, de rizomas curtos, vagens subterrâneas e elevada capacidade de recobrimento do solo. É uma planta tolerante a solos ácidos, com baixa fertilidade e com boa adaptação a regiões com precipitação acima de 1200 mm por ano (ASSIS et al., 2013). Possui uma produção de massa seca que pode chegar a 10 t ha⁻¹ e uma fixação de nitrogênio de cerca de 120 kg ha⁻¹ ano (BRSEEDS, 2015). Assim, em função de suas características morfológicas, apresenta elevado potencial para uso com fins de ciclagem de nutrientes e recuperação de áreas degradadas (OLIVEIRA et al., 2003). Dessa forma, a espécie tem sido cada vez mais utilizada como forragem permanente de cultivos perenes, como frutíferas e erva-mate (*Ilex paraguariensis*) (ROCHA, 2018) e também em consórcio com pastagens, trazendo benefícios como maiores produtividades e menores custos de produção, gerando um maior impacto econômico para a pecuária (MIQUELONI & ASSIS, 2020). Além disso, é uma planta que estimula a atividade de microorganismos no solo e também nos agregados, causando um grande incremento de

qualidade física, química e biológica nos solos em que é inserida (VELÁSQUEZ et al., 2012).

Ainda dentro das fabáceas, a ervilhaca (*Vicia sativa* L.), destaca-se como uma das plantas de cobertura do solo para uso no período do outono-inverno no Sul do Brasil, sendo uma planta que apresenta elevado acúmulo de nutrientes pelo tecido vegetal além de grande produção de dossel vegetativo, de modo que alguns autores já mencionaram uma produção de massa seca de 11,5 t ha⁻¹ (WOLSCHICK et al., 2016). Além disso, o uso da ervilhaca também pode ter a finalidade de cultura forrageira, seja na forma de pastejo direto ou através de fenação, tendo ainda como possibilidade o incremento dos teores nutricionais para os animais se consorciá-la com outras culturas, como a aveia preta (*Avena strigosa*).

A aveia preta, por sua vez, é uma gramínea (Poaceae) muito adaptada ao clima outonal do Rio Grande do Sul, e possui a capacidade de se desenvolver mesmo em solos pouco férteis além de apresentar boa resistência à seca, pragas, doenças e, junto a isso, apresenta elevada produção de massa seca, facilidade de manejo e obtenção de sementes. No entanto, é uma cultura que apresenta elevada relação Carbono/Nitrogênio (C/N), de modo que a liberação do N contido na sua palhada ocorre de forma gradual (AITA & GIACOMINI, 2003). Assim, uma alternativa para implementar o uso da aveia preta com vistas de melhorar a qualidade dos solos é através de consórcio com outras culturas, especialmente se forem de outras famílias, como Fabaceae ou Brassicaceae (SILVA et al., 2007).

Dentro das Brassicaceae que podem ser utilizadas em consórcio com a aveia preta, destaca-se o nabo forrageiro (*Raphanus sativus*), uma espécie que apresenta sistema radicular pivotante extremamente agressivo, com capacidade de realizar pequenas descompactações no solo. Além disso, o crescimento inicial do nabo forrageiro é extremamente rápido, apresentando rendimentos que podem chegar a 60 t ha⁻¹ de massa verde e fixação de 180 kg ha⁻¹ ao ano de nitrogênio. Para utilizá-lo como planta de cobertura recomenda-se o cultivo consorciada com outras culturas, visto que a sua relação C/N baixa favorece a rápida degradação da palhada, assim, utilizando-o junto com culturas como a aveia, a cobertura do solo e ciclagem de nutrientes torna-se mais lenta e gradual, favorecendo a atividade de microrganismos e cobertura vegetal no solo (WUTKE et al., 2014; SILVA et al., 2007).

Outra cultura que é amplamente utilizada na região Sul do Brasil e possui a capacidade de ser implementada com vistas de conservação do solo é o azevém (*Lolium*

multiflorum) pois, é uma espécie rústica, vigorosa e bastante resistente às intempéries, além disso também pode ser utilizada para pastejo animal (FONTANELLI et al., 2012). Além disso, alguns estudos também demonstram que o uso de azevém contribui para a redução da lixiviação de nitrato (NO_3) e para a melhoria dos agregados do solo (KASPAR & SINGER, 2011). No entanto, embora possua diversas qualidades como cultura forrageira e de cobertura, é uma planta que causa interferência no cultivo das principais culturas do Sul do Brasil, de modo que a sua utilização tem se reduzido nestas áreas.

Por fim, dentre as culturas de cobertura que podem ser utilizadas de forma perene, destaca-se a grama pensacola (*Paspalum notatum*), uma gramínea polimórfica que pode ser encontrada em vários locais do Brasil, e o seu plantio pode ser realizado tanto através de sementes, como por mudas. É uma planta que exige cerca de 50 a 75 kg de N por ha^{-1} e um solo com saturação de bases acima de 40%. Embora apresente uma certa exigência do solo em que é cultivada, é uma planta que apresenta grande produção de massa verde, cerca de 14 ton ano ha^{-1} , o que pode garantir uma boa cobertura do solo e, conseqüentemente, melhoria nas propriedades do mesmo (SOUZA et al., 2020).

2.2 INFILTRAÇÃO E ESCOAMENTO SUPERFICIAL DE ÁGUA NO SOLO

A infiltração de água no solo é um processo chave para o ciclo hidrológico da água e o balanço hídrico no solo (RAHMATI et al., 2018). E é através deste ciclo que ocorrerá o fornecimento de água para o solo, que fará a recarga dos mananciais, aquíferos e corpos d'água, desempenhando um papel fundamental na manutenção das funções do sistema solo (KEESTRA et al., 2016). No entanto, o processo de infiltração de água no solo pode variar em função da intensidade das chuvas, da porosidade e textura dos solos, da cobertura do solo, umidade inicial e da inclinação do terreno (SADEGHI et al., 2016; ZHANG et al., 2019).

Dentre os fatores citados, a cobertura de solo é a que mais vem sendo estudada, uma vez que através dela também é possível modificar a porosidade e a densidade do solo, elevando a capacidade do solo para armazenar maiores volumes d'água (GULICK et al., 1994). Além disso, Almeida et al. (2018) concluíram que a melhoria na infiltração de água no solo sofre mais influência pelo tipo de cobertura de solo utilizada do que pela forma de uso da terra ou pelo sistema de preparo, o que mostra o quão imprescindível é a utilização de cultivos de cobertura independente do uso ao qual o solo será destinado.

Avaliando a infiltração de água em um sistema de produção de milho, McVAY et al. (1989) observaram que os maiores volumes de água infiltrada ocorreram em parcelas com cultivo de ervilhaca e, os menores, nas parcelas com pousio invernal. Já SIDIRAS & ROTH (1987) observaram os maiores volumes de água infiltrada em parcelas com cultivo de aveia preta e, novamente, os menores volumes, nas parcelas com pousio invernal. Avaliando os sistemas de manejo plantio direto e preparo convencional do solo, BAUHARDT & JONES (2002) observaram a ocorrência de maior infiltração de água nas parcelas em que ocorreu a adoção do sistema plantio direto. Já nos estudos de infiltração de água no solo em um sistema de integração lavoura-pecuária, Panachuki et al. (2006) observaram que a maior taxa de infiltração estável ocorreu nas parcelas com cultivo de aveia sob plantio direto. Já em cultivos de parcela, Mallmann (2017) observou a ocorrência de maiores volumes de água infiltrada em parcelas com cobertura vegetal, seja ela consórcio de aveia + nabo, consórcio de aveia + ervilhaca, ou vegetação espontânea.

O escoamento superficial de água, por sua vez, é acentuado nas situações inversas à da infiltração, visto que na medida que há maiores volumes de água sendo escoada, a infiltração ocorrerá em menor escala. Cerca de 95% do volume de água escoado pode estar relacionado ao impacto da gota de chuva sobre solos descobertos, pois favorece a ocorrência de selamento superficial do solo, destruindo os agregados superficiais do solo e formando crostas de baixa condutividade hidráulica (STALLINGS, 1957; LOMBARDI NETO, 1990; VEIGA et al., 1991; ALMEIDA et al., 2018). Dessa maneira, quando se objetiva reduzir o escoamento superficial, a prática mais eficiente e econômica, têm sido a manutenção da cobertura do solo, seja ela viva ou morta (CARVALHO et al., 1990). No entanto, é possível utilizar resíduos que tenham maior eficácia no controle do escoamento superficial, visto que cada cobertura de solo, bem como densidade utilizada e forma de manejo causará efeitos distintos ao solo (AMADO et al., 1989; MEYER et al., 2020).

Visando identificar um manejo conservacionista benéfico para a obtenção de maiores produtividades na cultura do milho e, ao mesmo tempo, reduzindo o escoamento superficial, estudos de Debarba (1993) e Seganfredo (1995) identificaram que o consórcio de aveia + ervilhaca antecedendo o cultivo do milho apresentou elevados percentuais de cobertura do solo e proteção contra o escoamento superficial. Complementando estes estudos, Dahlem (2013) e Michelin et al., (2015) observaram que os consórcios de aveia + ervilhaca e aveia + nabo + ervilhaca antecedendo o cultivo de milho proporcionaram a obtenção de maiores produções de matéria seca e maior rendimento de grãos para a

cultura do milho. Já Silva et al. (2019), avaliando o efeito dos cultivos de cobertura na dispersão de agregados do solo, identificaram que a taxa de liberação dos agregados ocorreu de forma mais rápida em parcelas com cultivo de amendoim forrageiro do que em outros sistemas de cobertura (vegetação espontânea, consórcio de aveia + ervilhaca, consórcio de aveia + nabo e soja perene), o que pode ser um bom indicativo de que esta cultura contribua de forma mais significativa na redução do escoamento superficial do que as demais avaliadas pela autora.

Em um estudo de longo prazo (1999 – 2018) que visou avaliar o risco de erosão hídrica em função da cobertura do solo e da erosividade das chuvas realizado por Wang et al. (2021), identificou-se que passados 20 anos do início do estudo e de incentivos ao uso de cobertura verde no solo, o risco de erosão decresceu 23%, além de ter contribuído positivamente para compensar a pressão gerada pelas mudanças climáticas.

Assim, avaliar a infiltração e/ou o escoamento superficial de água no solo nos possibilita adaptar as melhores estratégias de manejo visando o acúmulo de maiores volumes de água. Para isso, porém, existem diversas metodologias capazes de fazer este tipo de avaliação, como o infiltrômetro de duplo anel, permeâmetro de Guelph, infiltrômetro de Cornell e simuladores de chuva.

Todos os métodos, porém, apresentam particularidades. Estudos de Costa et al (1999) demonstrou que o simulador de chuva apresenta menores valores de capacidade de infiltração quando comparado ao infiltrômetro de duplo anel. Além disso, Pott & De Maria (2003) concluíram que os menores valores de velocidade de infiltração também ocorreram ao utilizar simulador de chuva. Assim, os autores concluíram que o simulador de chuva apresenta os resultados mais próximos do real, uma vez que tanto o infiltrômetro de duplo anel, como o permeâmetro de Guelph e o infiltrômetro de Cornell podem superestimar os resultados, uma vez que não levam em consideração a cobertura do solo e o impacto da gota no mesmo. Porém, as dificuldades de transporte e manuseio podem ser um fator limitante no uso do simulador de chuva (MALLMANN, 2017).

Já quanto as avaliações de escoamento superficial de água, Mallmann et al. (2018) desenvolveram um sistema de baixo custo para o monitoramento, permitindo o monitoramento de diversas unidades experimentais simultaneamente e com grande facilidade de configuração e observação dos dados coletados. Dessa forma, e diante das particularidades que cada metodologia para avaliar a infiltração de água no solo apresentam, avaliar os diferentes tipos de plantas de cobertura no solo em eventos de chuva natural através do monitoramento do escoamento superficial pode ser uma

alternativa mais acertiva do que utilizando as metodologias convencionais de infiltração do solo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O estudo foi realizado na área experimental do Departamento de Solos pertencente a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, Rio Grande do Sul (29°43.241' S e 53°42.336' O) (Figura 1), em uma altitude de 86 metros do nível do mar.

Figura 1 - Área em que o experimento foi conduzido (A)



Fonte: Google Earth Pro (2020)

Segundo Sartori (1979), a região de Santa Maria situa-se na zona de transição entre a Depressão Periférica Sul-Rio-Grandense, também conhecida por Depressão central e a escarpa arenito-basáltica do Planalto Meridional Brasileiro, o clima da região, pela classificação de Koppen, é o Cfa, o qual corresponde ao clima subtropical úmido, sem a presença de estiagens, com temperatura média anual de 19 °C, sendo a temperatura média do mês mais frio entre -3 °C e 18°C e a do mês mais quente, superior a 22 °C, com uma precipitação pluviométrica anual de, aproximadamente, 1700 mm (MORENO, 1961; MALUF, 2000).

O solo da área de estudo é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico abrupto (EMBRAPA, 2018). Na tabela 1 é apresentada a composição granulométrica do perfil de solo em que o experimento foi instalado (MALLMANN, 2017). O ensaio de campo foi instalado em 2010 e avaliou a injeção de dejetos líquidos de suínos no solo (MIOLA, 2014), até 2015 foi cultivada com sucessão de aveia e milho, permanecendo em pousio até 2016, a partir deste mesmo ano foram instaladas culturas de cobertura, inicialmente consórcio de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) + nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) e aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) + ervilhaca (*Vicia villosa* Roth) (MALLMANN, 2017).

Tabela 1 - Composição granulométrica do perfil de solo do local do experimento.

Horizonte	Profundidade (m)	----- g kg ⁻¹ -----			
		Areia	Areia fina	Silte	Argila
Ap	0 – 0,1	689,8	469,1	225,5	84,7
A1	0,1 – 0,3	652,1	460,7	235,3	112,6
A2	0,3 – 0,5	620,4	454,4	263,8	115,7
E	0,5 – 0,7	620,8	474,4	301,4	77,8
Bt1	0,7 – 0,8	413,7	307,9	237,6	348,7
Bt2	0,8 – 1,25+	340,1	260,5	198,3	461,6

Fonte: Mallmann (2017)

3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com seis tratamentos distribuídos em quatro blocos com cada unidade experimental de dimensões 3 x 14,5 m (43,5 m²), totalizando 24 unidades experimentais (Figura 2).

As parcelas foram delimitadas por chapas galvanizadas de 30 cm de altura, cravadas a 10 cm de profundidade. Na parte inferior das parcelas foram instaladas calhas coletoras junto à sensores de pressão MPX 5010 DP, fabricados pela Freescale semiconductor[®], que foram calibrados e realizavam a leitura de diferentes voltagens em função da variação das colunas d'água na calha coletora durante eventos de chuva natural (Figura 3). Posteriormente, estes dados foram transformados em vazão (L 10s⁻¹) através da equação: $0,135^{(x-8,0729)}$, obtida através de testes em laboratório.

Figura 2 - Vista parcial das parcelas experimentais.



Fonte: O autor

Figura 3 - Calha coletora d'água e, a sua direita, tubo em que foi instalado o sensor MPX 5010 DP.



Fonte: O autor

A declividade média das unidades experimentais é de 5% e possuem maior comprimento no sentido do declive. Além disso, foram instalados sensores para obtenção da umidade do solo (WRC) CS 615, fabricados pela Campbell Scientific®, à 2,5 e 7,5 cm de profundidade em todas as unidades experimentais para mensurar a umidade do solo antes, durante e após os eventos de chuva natural. Ainda, foi instalado um pluviômetro automático calibrado no Laboratório de Física do Solo (LaFis, UFSM) utilizado para obter os volumes totais de precipitação durante os eventos de chuva natural, bem como a intensidade das mesmas. Cada valor unitário armazenado no pluviômetro corresponde a 0,31 mm de precipitação (Figura 4).

Figura 4 - Pluviômetro instalado na área experimental, sem a proteção e área de coleta da água.

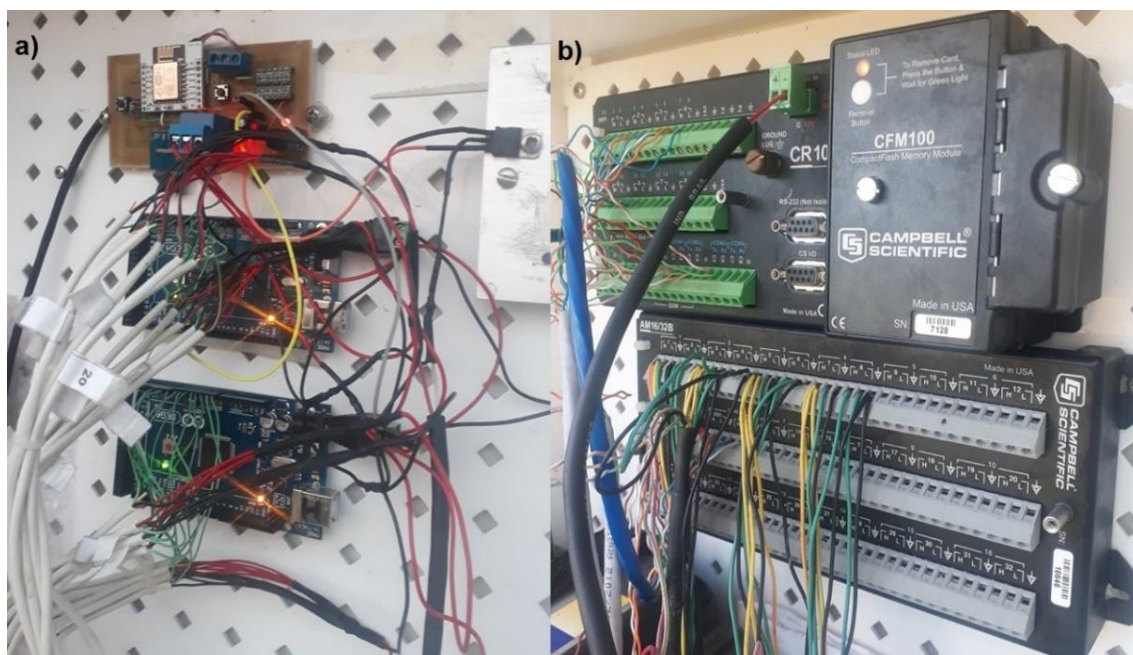


Fonte: O autor

As voltagens emitidas pelos sensores de pressão, de acordo com a altura da lâmina de água na calha a cada 10 segundos, eram enviadas para um micro controlador com suporte para armazenamento de dados instalado na área experimental que, junto da leitura da precipitação realizada pelo pluviômetro, eram enviadas via *wi-fi* para um servidor localizado no LaFis. Já os sensores de umidade foram conectados a um multiplexador

AM16/32B, fabricado pela Campbell Scientific®, que realizou e enviou as leituras, em um intervalo de 30 minutos cada, para um *datalogger* Campbell® CR 1000, ambos instalados na área experimental (Figura 5).

Figura 5 – Micro controladores para armazenamento de dados e placa eletrônica para leitura das tensões dos sensores e estimativa da precipitação e volume de água escoado por parcela (a) e Datalogger CR1000 com um multiplexador AM16/32B (b).

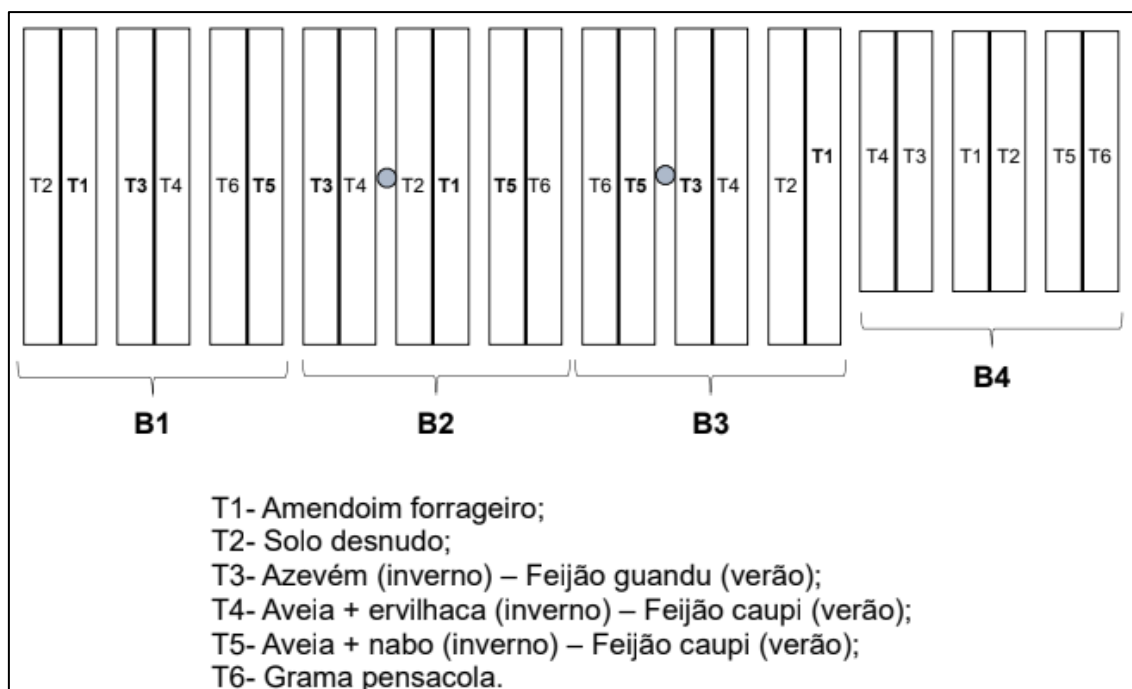


Fonte: O autor

As plantas de cobertura usadas como tratamentos foram; (Figura 6):

- a) Amendoim forrageiro (*Arachis pintoii* cv. *Belomonte*)
- b) Solo desnudo
- c) Azevém (*Lolium multiflorum*) (inverno) – Feijão guandu (*Cajanus cajan*) (verão)
- d) Aveia (*Avena strigosa* Schreb) + Ervilhaca (*Vicia villosa* Roth) (inverno) – Feijão caupi (*Vigna unguiculata*) (verão)
- e) Aveia (*Avena strigosa* Schreb) + Nabo (*Raphanus sativus*) (inverno) – Feijão caupi (*Vigna unguiculata*) (verão)
- f) Grama pensacola (*Paspalum notatum*)

Figura 6 - Croqui com a distribuição espacial dos blocos e unidades experimentais.



Estes tratamentos foram selecionados em função do alto potencial em aumentar os teores de C e N no solo e melhorar as condições físico-hídricas, especialmente a infiltração de água no solo. Assim, apresentam potencial de uso em áreas agrícolas, seja em áreas com cultivos perenes ou cultivos anuais.

Após a obtenção dos resultados, para uma melhor comparação entre eventos similares, fez-se a separação em grupos em função da duração dos eventos de chuva e do volume com que as mesmas ocorreram, sendo eles:

- A: Eventos acima de 20 mm de precipitação;
- B: Eventos entre 10 e 20 mm de precipitação e duração acima de 4 horas;
- C: Eventos entre 10 e 20 mm de precipitação e duração abaixo de 4 horas;
- D: Eventos abaixo de 10 mm de precipitação e duração acima de 2 horas e 30 minutos;
- E: Eventos abaixo de 10 mm de precipitação e duração abaixo de 2 horas e 30 minutos.

Para uma melhor compreensão e apresentação dos resultados, os volumes de água escoada obtidas foram transformadas em Índice de Escoamento (IE), em que o IE 1,0

representou o maior volume de água escoada, 0,56 mm, correspondendo a cerca de 25 litros para a área avaliada.

3.3 CULTURAS E TRATOS CULTURAIS

Em 15 de dezembro de 2019 as culturas de feijão guandu (*Cajanus cajan*) e feijão caupi (*Vigna unguiculata*) foram semeadas em uma densidade populacional de 200.000 e 100.000 plantas por hectare, respectivamente. Em abril de 2020, foi realizada dessecação química com glifosato em uma dose de 4 litros por hectare, tanto nas parcelas com cultivo de feijão (guandu e caupi) como nas parcelas com solo desnudo. Após, em 06 de maio de 2020 foi realizada a semeadura a lanço de azevém (*Lolium multiflorum*), aveia (*Avena strigosa* Schreb), nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) e ervilhaca (*Vicia villosa* Roth), nas densidades populacionais de 70, 140, 40 e 120 kg ha⁻¹. Em outubro de 2020 foi realizada dessecação dos cultivos de inverno, utilizando glifosato (4 l ha⁻¹) e, em 15 de outubro de 2020, foi realizada a semeadura do feijão guandu e caupi, nas mesmas densidades populacionais já descritas anteriormente.

Já nas parcelas com cultivo de amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* cv. *Belomonte*) e nas parcelas com Grama pensacola (*Paspalum notatum*), as mesmas já estavam implantadas desde 2018, assim, permaneceu-se com as mesmas em cultivo perene, realizando capinas manuais esporadicamente.

Em 15 de junho, 04 de agosto, 24 de agosto de 2020 e 23 de setembro de 2020 (40, 90, 110 e 140 dias após a semeadura dos cultivos de inverno), foram realizadas coletas de material vegetal de todas as parcelas para determinação de massa seca, de forma que o material permaneceu em estufa à 60°C até atingir peso constante.

3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para diferenciar a produção de massa seca de cada tratamento, os dados foram submetidos ao teste de normalidade e homogeneidade das variâncias e, em seguida, os mesmos foram submetidos ao teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Realizou-se uma análise para cada data de avaliação das biomassas.

O efeito das plantas de cobertura do solo sobre o escoamento superficial de água durante os eventos de chuva natural foi verificado por um delineamento de blocos ao acaso com parcelas perdidas pelo Proc GLM do Software SAS 9.4, na sequência foram

realizadas comparações das médias de dois a dois tratamentos através do teste t a 5% de probabilidade de erro utilizando a ferramenta LSMeans, também através do SAS 9.4. As análises ocorreram para cada tratamento dentro de cada grupo de precipitação.

Todas as análises foram realizadas através do software SAS (SAS INSTITUTE, 1993). Já os gráficos foram confeccionados através dos softwares Microsoft Excel® e SigmaPlot 14.0®.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE MASSA SECA

Todas as espécies apresentaram valores maiores na produção de massa seca na primeira avaliação, realizada aos 40 dias (15/06/2019) do que nas realizadas posteriormente. Com a ocorrência de temperaturas mais baixas, a produção de massa seca sofreu redução em todas as espécies, conforme ilustrado na Figura 7 e detalhado na Tabela 2, permitindo a observação das médias da produção de massa seca por espécie e em cada época de avaliação.

Tabela 2 - Massa seca das coberturas do solo (ton ha⁻¹), nos tratamentos: amendoim forrageiro (AF), solo desnudo (SD), aveia + ervilhaca (AE), aveia + nabo (AN) e grama pensacola (GP) aos 40, 90, 110 e 140 dias após a semeadura. Data de semeadura: 06/05/2020.

Época	Tratamentos					
	AF	SD	AZ	AE	AN	GP
40 DAS	9.9 a	2.2 b	6.0 ab	7.9 a	5.1 ab	10.5 a
CV (%)	33.47					
90 DAS	6.2 a	1.7 b	3.4 ab	3.7 ab	2.7 b	6.1 a
CV (%)	35.96					
110 DAS	6.5 a	1.5 b	3.7 ab	4.7 ab	4.5 ab	6.2 a
CV (%)	30.89					
140 DAS	7.4 a	0.8 c	3.0 bc	5.9 ab	4.6 abc	6.2 ab
CV (%)	39.01					

Médias seguidas de letras iguais na linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey (p<0,05). CV = Coeficiente de variação. 40 DAS = 40 dias após a semeadura. 90 DAS = 90 dias após a semeadura. 110 DAS = 110 dias após a semeadura. 140 DAS = 140 dias após a semeadura.

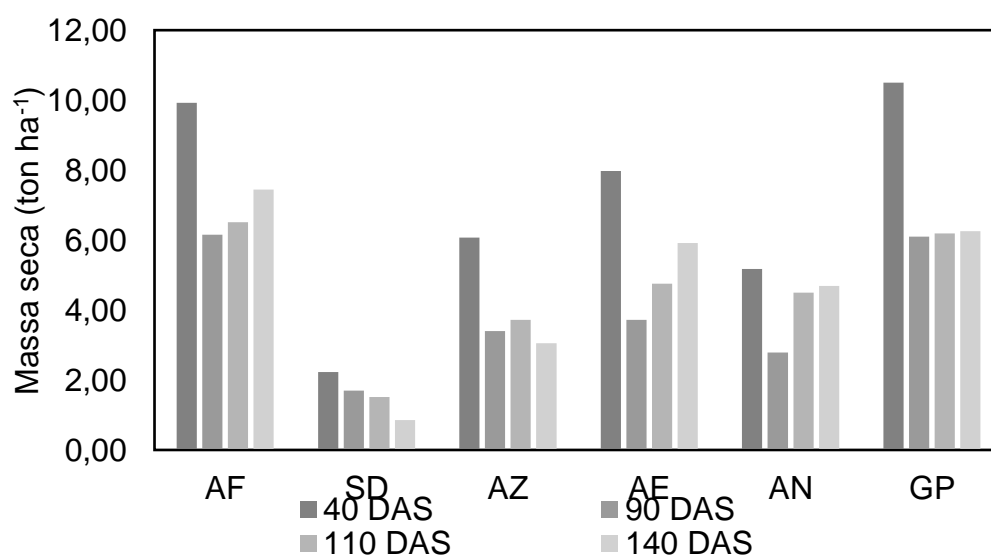
Destacou-se negativamente, nesta variável analisada, o consórcio de Aveia + Ervilhaca, que apresentou uma redução de 53% entre a primeira e a segunda avaliação

(04/08/2020) e, positivo para o Amendoim forrageiro, que apresentou a menor redução, 37% em relação a primeira avaliação. Além disso, o consórcio de Aveia + Nabo apresentou a menor produção de massa seca nas duas primeiras avaliações, 5,18 e 2,78 ton ha⁻¹, respectivamente.

Já na terceira e quarta avaliação (24/08/2019 e 23/09/2019), os cultivos de cobertura apresentaram leve aumento na produção de massa seca. O consórcio de Aveia + Nabo, que havia apresentado forte queda na produção, elevou-se em 60% seguido do consórcio de Aveia + Ervilhaca, que teve uma elevação de 28%, demonstrando a capacidade destas plantas em se desenvolver em períodos em que a temperatura é um fator limitante, corroborando com os resultados de Alonso-Ayuno et al., (2018).

Em valores absolutos, o amendoim forrageiro e a grama pensacola, durante todo o período de avaliações, apresentaram as maiores produções de massa seca e, conseqüentemente, proteção verde ao solo. Quanto aos cultivos de cobertura anuais, que foram realizadas em antecedência ao cultivo de feijão caupi e feijão guandu, a maior produção de massa seca ocorreu no consórcio de Aveia + Ervilhaca, superando em todas as avaliações o consórcio de Aveia + Nabo e o cultivo de Azevém, sugerindo, assim, maior capacidade de crescimento e desenvolvimento nas condições em que as mesmas foram submetidas, corroborando com os resultados de Debarba (1993), Seganfredo (1995), Dahlem (2013) e Michelon et al., (2015).

Figura 7 - Produção de Massa Seca das culturas de cobertura ao longo do ciclo de desenvolvimento. Semeadura em 06/05/2020.



4.1.1 Relação entre produção de massa seca e umidade do solo

As parcelas cultivadas com Grama Pensacola (Figura 9) apresentaram os maiores valores absolutos para umidade do solo, seguido das parcelas com cultivo de Amendoim Forrageiro (Figura 10), sendo estas duas, as que apresentaram maior produção de massa seca. Os maiores valores absolutos para umidade do solo em ambas situações foi obtido aos 140 DAS, quando a produção de massa seca foi significativamente menor que aos 40 DAS, indicando que, além da produção de massa seca, as diferentes épocas climáticas também influenciaram na manutenção da umidade do solo. Além disso, para uma melhor análise da influência de fatores climáticos, através da Figura 8 é possível observar a distribuição das chuvas ao longo do período de avaliação bem como o volume total de cada uma.

Figura 8 – Distribuição e volume das precipitações ao longo do período avaliado.

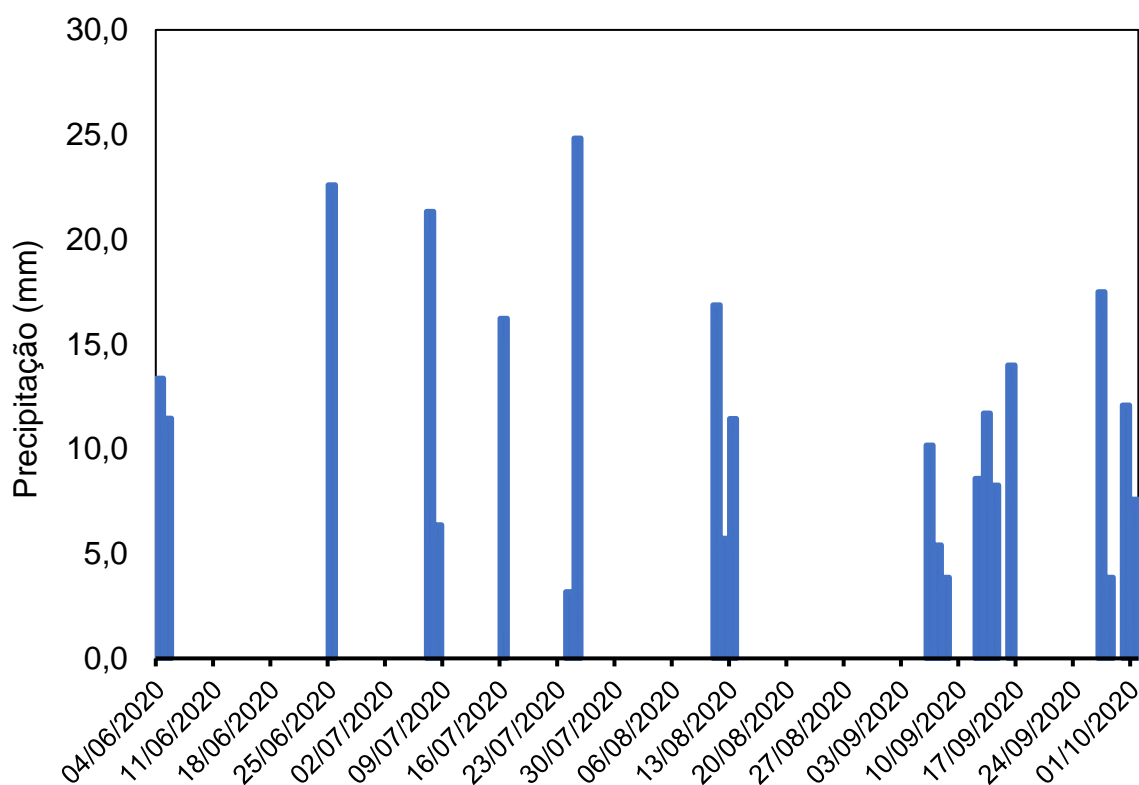


Figura 9 - Relação entre massa seca (ton ha^{-1}) e umidade do solo ($\text{cm}^3 \text{cm}^3$) aos 2,5 e 7,5 cm de profundidade no cultivo de Grama Pensacola ao longo do ciclo de desenvolvimento. Semeadura em 06/05/2020.

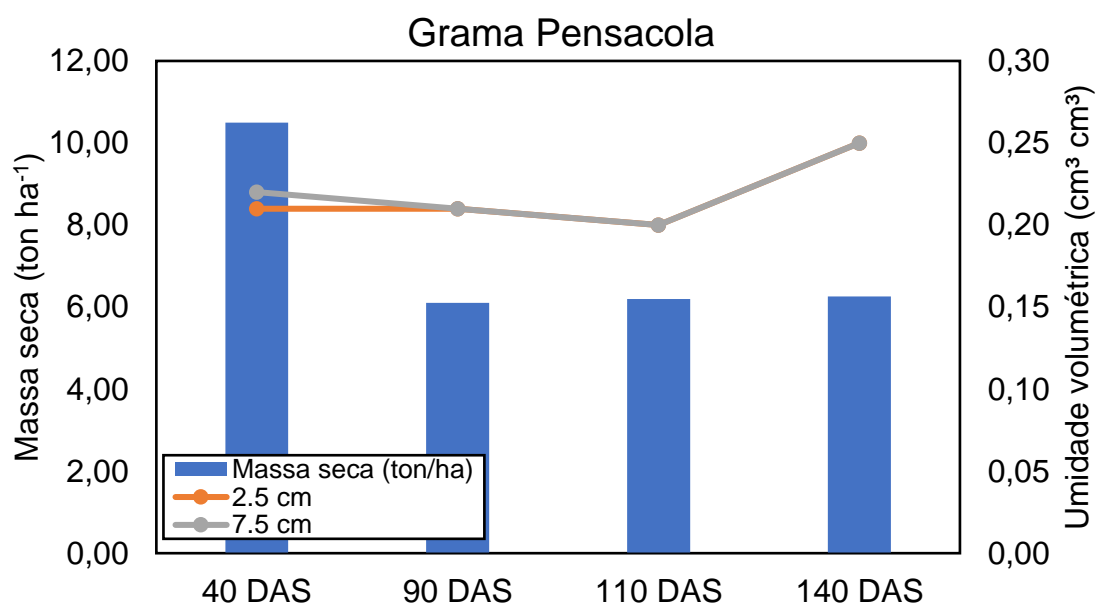
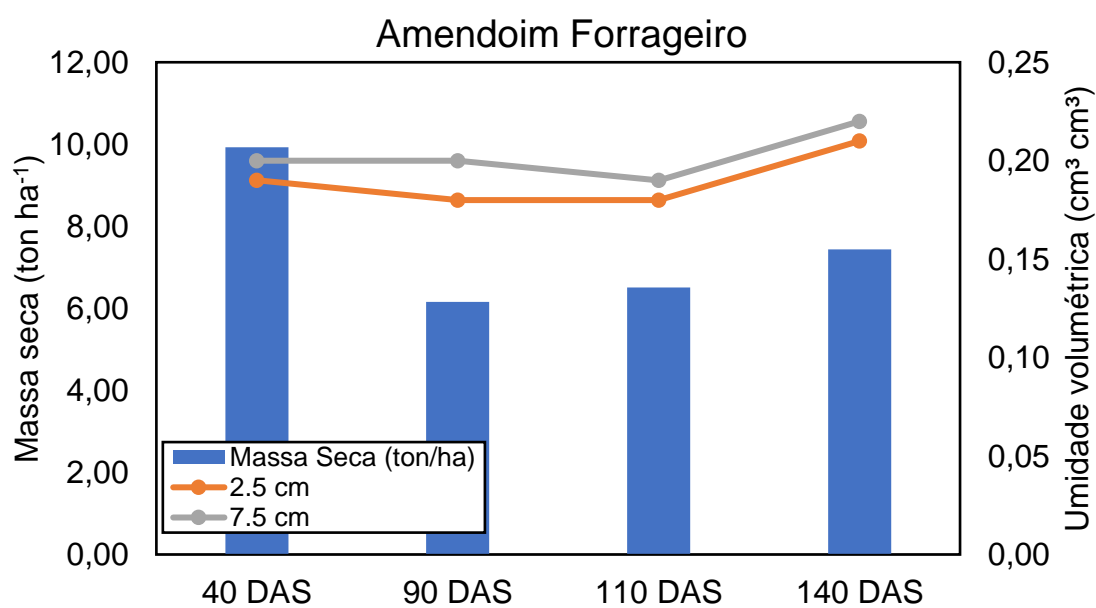


Figura 10 - Relação entre massa seca (ton ha^{-1}) e umidade do solo ($\text{cm}^3 \text{cm}^3$) aos 2,5 e 7,5 cm de profundidade no cultivo de Amendoim Forrageiro ao longo do ciclo de desenvolvimento. Semeadura 06/05/2020.



Nos cultivos anuais de inverno (Azevém; Aveia + Nabo; Aveia + Ervilhaca) os resultados obtidos (Figuras 11, 12 e 13) se assemelharam muito ao do solo desnudo (Figura 14), apresentando, nas três primeiras medições de massa seca, inclusive, umidades do solo inferiores ao do solo desnudo. Isto pode ter ocorrido pela capacidade de respiração e transpiração das plantas, fazendo com que o solo fique mais seco que aqueles sem qualquer tipo de cobertura, corroborando com os resultados de Alonso-Ayuso et al. (2018) e Meyer et al. (2020). Assim, nem sempre as maiores produções de massa seca irão apresentar as mais elevadas umidades do solo, no entanto, os ciclos de umedecimento e secagem causados naturalmente pelos processos de respiração e transpiração das plantas, bem como o aporte de nutrientes que as mesmas fornecerão ao solo, contribuirão positivamente para a qualidade do solo, tal qual fora exposto por Adetunji et al. (2020).

Figura 11 - Relação entre massa seca (ton ha^{-1}) e umidade do solo aos 2,5 e 7,5 cm de profundidade no cultivo de Azevém. Semeadura em 06/05/2020.

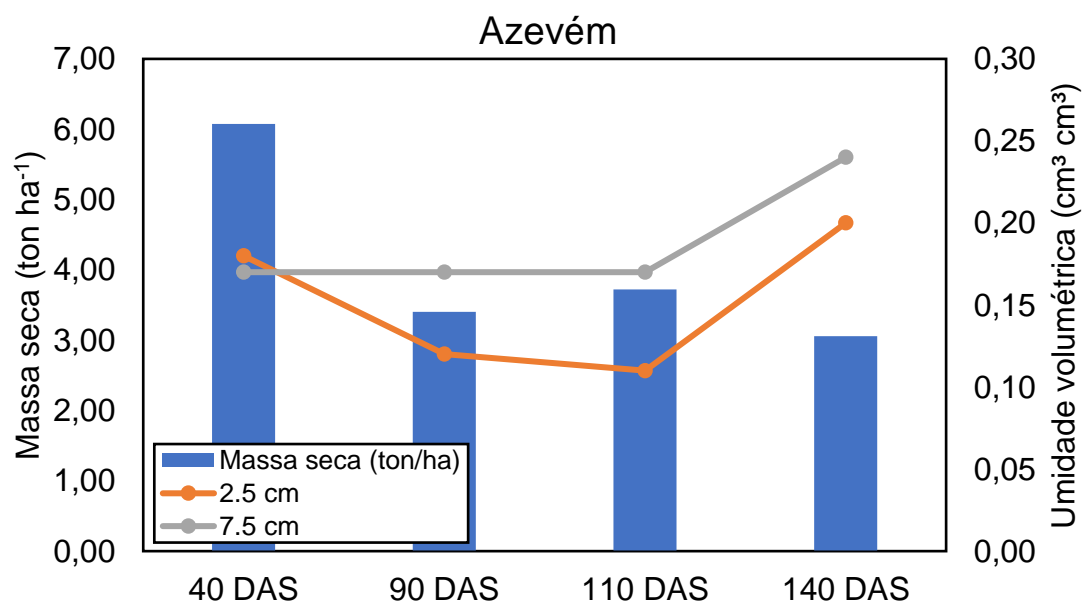


Figura 12 - Relação entre massa seca (ton ha^{-1}) e umidade do solo aos 2,5 e 7,5 cm de profundidade no cultivo consorciado de Aveia e Nabo Forrageiro. Semeadura em 06/05/2020.

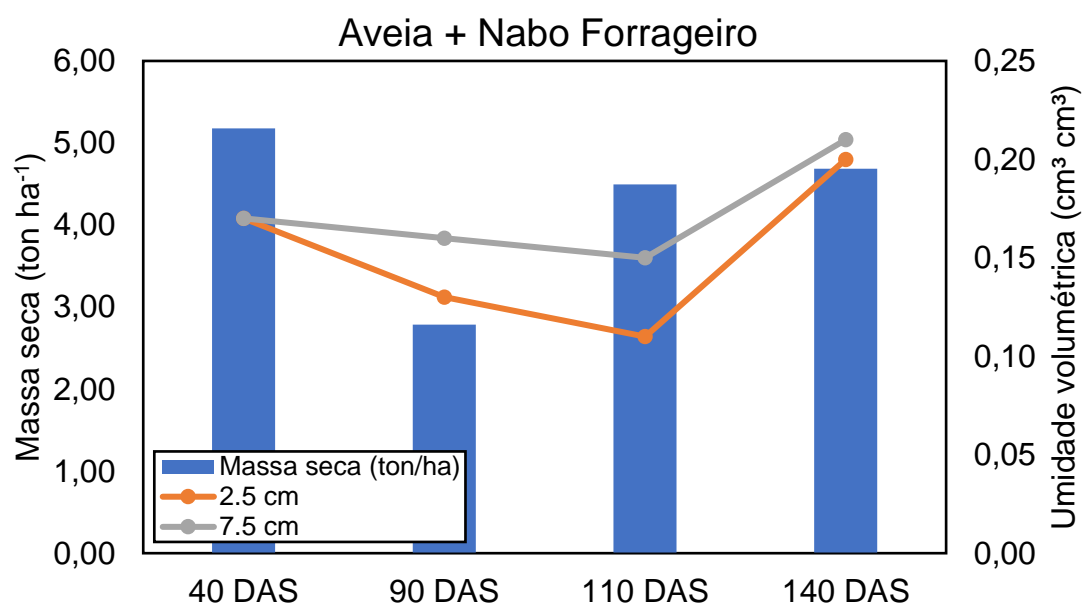


Figura 13 - Relação entre massa seca (ton ha^{-1}) e umidade do solo aos 2,5 e 7,5 cm de profundidade no cultivo consorciado de Aveia e Ervilhaca. Semeadura em 06/05/2020.

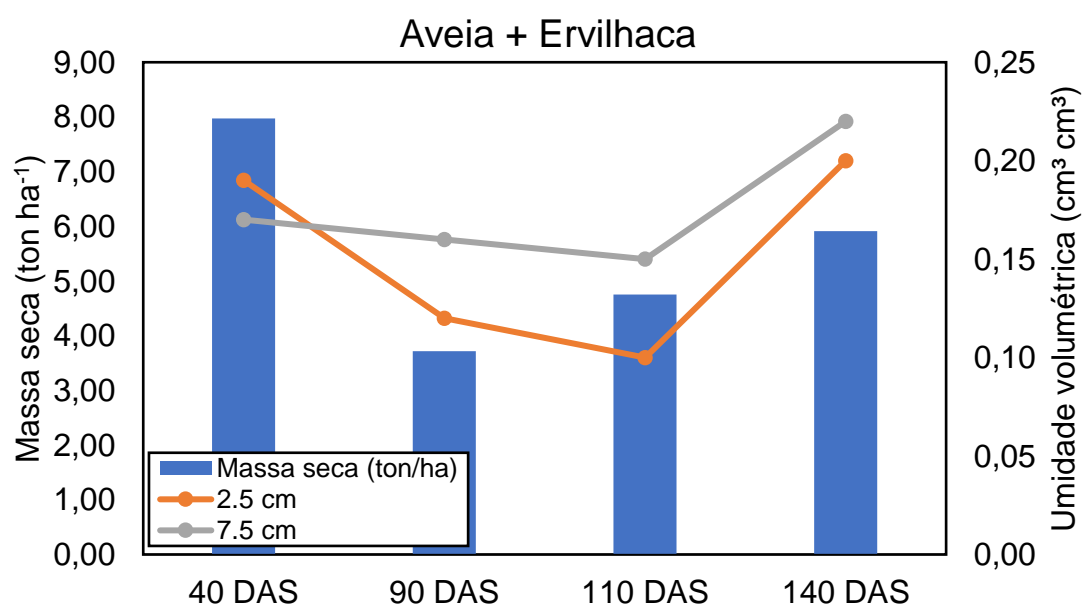
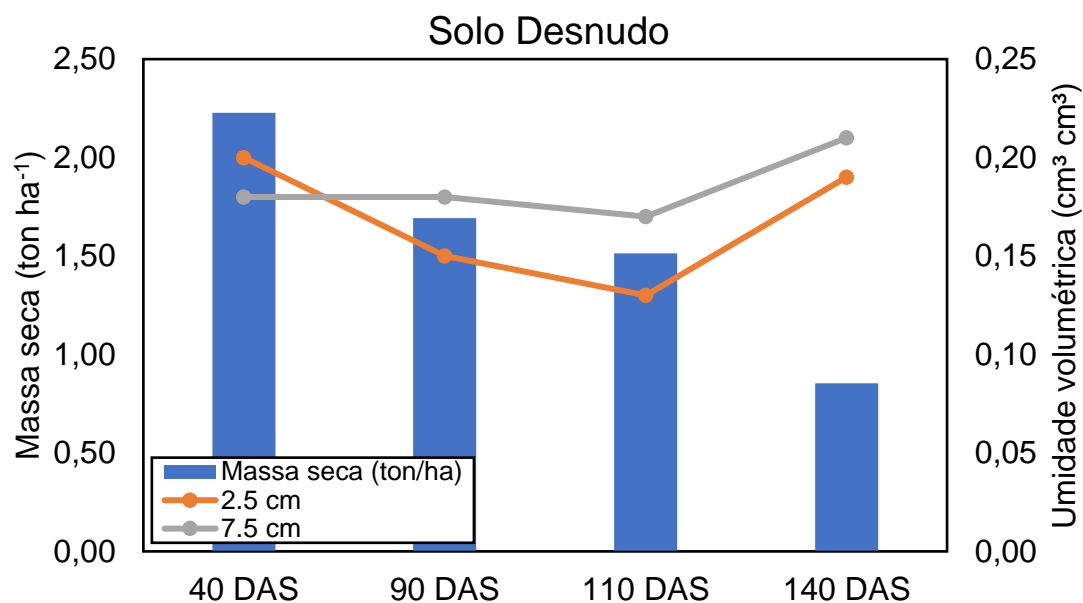


Figura 14 - Relação entre massa seca (ton ha^{-1}) e umidade do solo aos 2,5 e 7,5 cm de profundidade em Solo Desnudo. Capina manual em 06/05/2020.



4.2 AVALIAÇÃO DA INFILTRAÇÃO E DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL

O resultado para o teste t realizado dentro de cada grupo de precipitação entre os tratamentos está detalhado na Tabela 3, de forma que porcentagens abaixo de 5% indicam diferenças significativas entre os tratamentos pelo teste t. Assim, os tratamentos com solo desnudo, principalmente nas precipitações entre 10 e 20 mm, apresentaram diferenças significativas com todos os demais cultivos avaliados, demonstrando que todas as demais coberturas de solo serão muito mais positivas do que o SD na mitigação do escoamento superficial de água.

As médias dos índices de escoamento (Figura 15) obtidos apresentaram os maiores valores para os eventos de chuva com volumes acima de 20 mm. Neste grupo, o tratamento que apresentou o índice mais elevado foi o Solo Desnudo, 1,0, seguido dos cultivos anuais de cobertura, azevém, aveia + ervilhaca e aveia + nabo, que apresentaram índice 0,90; 0,74 e 0,70, respectivamente. Além disso, o Amendoim forrageiro apresentou índice 0,51 e, a grama pensacola, 0,15. Assim, nas avaliações com maior volume de chuva, o solo desnudo destacou-se negativamente dos demais, embora não tenha apresentado diferença significativa pelo teste t pois, os cultivos anuais de cobertura também apresentaram índices elevados, no entanto, mostraram-se uma alternativa mais eficaz do que o solo desnudo. Já o amendoim forrageiro conseguiu reduzir pela metade o

escoamento superficial em relação ao solo desnudo, apresentando índice 0,51. Já a grama pensacola, apresentou o menor índice de escoamento neste nível de precipitação (85% menor que o solo desnudo), apenas 14% de probabilidade pelo teste t, demonstrando que mesmo sob condições de chuva elevadas apresentou boa capacidade para reter e infiltrar quase todo o volume de chuva.

Tabela 3 - Análise estatística pelo teste t dos índices de escoamento obtidos dentro de cada grupo de precipitação.

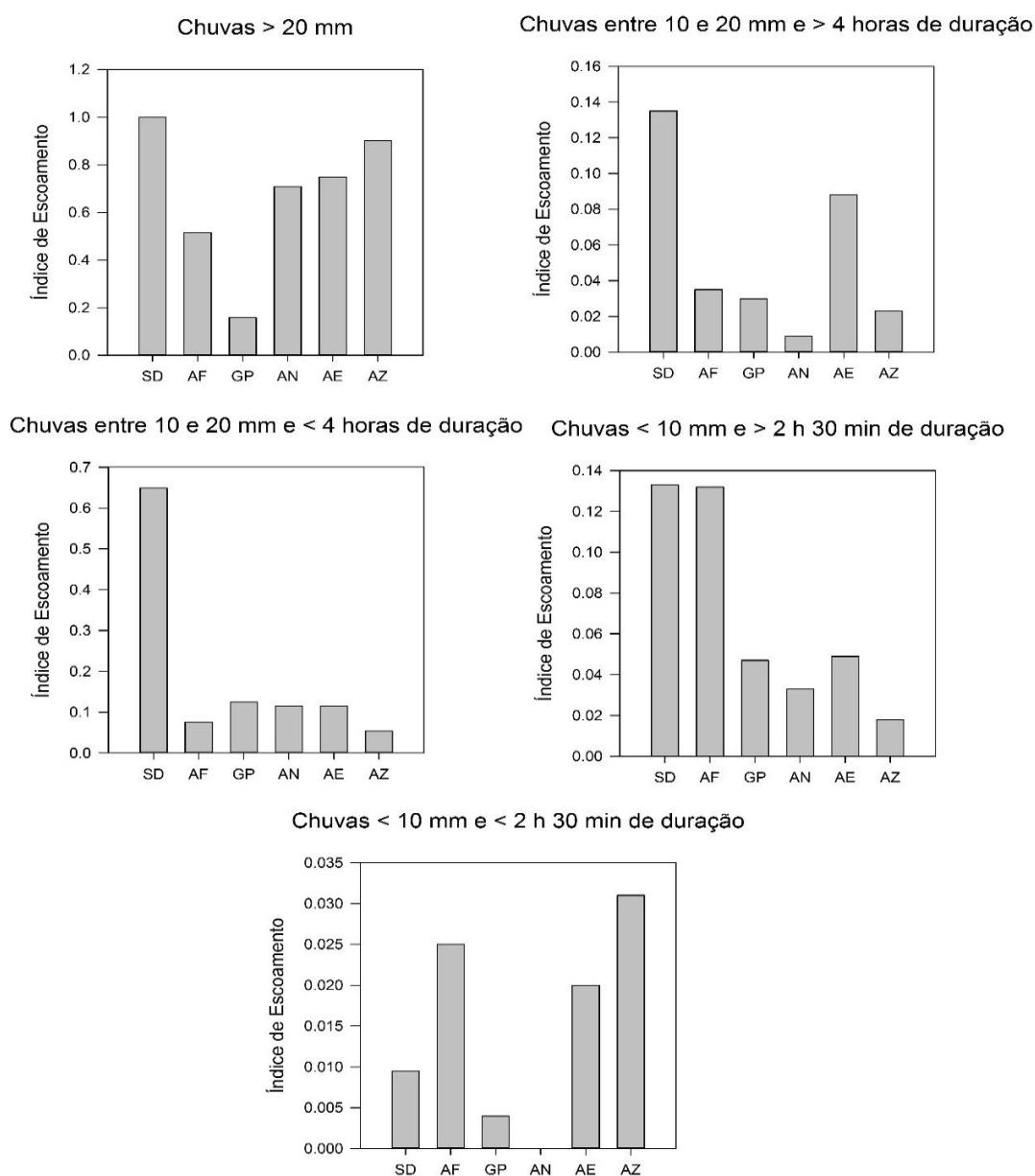
Precipitação < 10 mm e duração < 150 min						
	AE	AF	AZ	GP	AN	SD
AE		84.7%	68.3%	55.0%	46.5%	72.6%
AF	84.7%		86.3%	40.6%	33.8%	59.1%
AZ	68.3%	86.3%		15.8%	12.3%	41.2%
GP	55.0%	40.6%	15.8%		83.9%	87.6%
AN	46.5%	33.8%	12.3%	83.9%		76.8%
SD	72.6%	59.1%	41.2%	87.6%	76.8%	
Precipitação < 10 mm e duração > 150 min						
AE		27.6%	67.0%	96.6%	83.9%	36.1%
AF	27.6%		9.0%	21.4%	14.7%	78.5%
AZ	67.0%	9.0%		54.5%	78.6%	11.4%
GP	96.6%	21.4%	54.5%		75.6%	28.4%
AN	83.9%	14.7%	78.6%	75.6%		19.5%
SD	36.1%	78.5%	11.4%	28.4%	19.5%	
Precipitação de 10 a 20 mm e duração < 240 min						
AE		84.1%	71.4%	95.6%	99.9%	0.8%
AF	84.1%		89.8%	77.2%	82.7%	0.5%
AZ	71.4%	89.8%		59.5%	67.9%	0.1%
GP	95.6%	77.2%	59.5%		94.9%	0.2%
AN	99.9%	82.7%	67.9%	94.9%		0.4%
SD	0.8%	0.5%	0.1%	0.2%	0.4%	
Precipitação de 10 a 20 mm e duração > 240 min						
AE		40.4%	25.8%	29.7%	19.1%	49.8%
AF	40.4%		81.6%	90.1%	61.1%	8.5%
AZ	25.8%	81.6%		88.5%	71.0%	1.8%
GP	29.7%	90.1%	88.5%		62.5%	2.4%
AN	19.1%	61.1%	71.0%	62.5%		2.1%
SD	49.8%	8.5%	1.8%	2.4%	2.1%	
Precipitação > 20 mm						
AE		77.9%	85.2%	47.0%	96.4%	78.2%
AF	77.9%		47.5%	50.9%	73.4%	44.6%
AZ	85.2%	47.5%		11.9%	71.9%	86.0%
GP	47.0%	50.9%	11.9%		29.8%	14.4%
AN	96.4%	73.4%	71.9%	29.8%		64.5%
SD	78.2%	44.6%	86.0%	14.4%	64.5%	

Porcentagens menores que 5% entre os tratamentos são significativamente diferentes entre si pelo teste t. AE = Aveia + Ervilhaca; AF = Amendoim forrageiro; AZ = Azevém; GP = Grama Pensacola; AN = Aveia + Nabo forrageiro; SD = Solo desnudo.

Na sequência, os maiores índices foram obtidos nos eventos de precipitação entre 10 e 20 mm em um tempo inferior a 4 horas. Nele, porém, a diferença entre o índice de escoamento do solo desnudo para os demais foi extremamente elevada, de modo que diferiu estatisticamente pelo teste t quando comparado com todos os demais tratamentos.

O índice obtido para o solo desnudo foi de 0,64, enquanto que o consórcio de aveia + ervilhaca, grama pensacola e o consórcio de aveia + nabo apresentaram índices 0,11, 0,12 e 0,11, respectivamente. Já o azevém e o amendoim forrageiro, apresentaram os menores índices, 0,05 e 0,07, respectivamente. Assim, com exceção ao solo desnudo, nestas condições todos os cultivos de cobertura apresentaram boa capacidade em amenizar o escoamento superficial e elevar o volume de água infiltrada, principalmente nos tratamentos com amendoim forrageiro e azevém.

Figura 15 - Índice de Escoamento para Solo Desnudo, Amendoim Forrageiro, Grama Pensacola, Aveia + Nabo, Aveia + Ervilhaca e Azevém avaliadas dentro de cada grupo de precipitação.



Já os resultados obtidos nas precipitações entre 10 e 20 mm em eventos superiores a 4 horas de duração apresentaram o solo desnudo como destaque negativo, uma vez que o mesmo apresentou índice de escoamento 0,14, superando todos os demais. Como destaque positivo, obteve-se os tratamentos com cultivo de azevém, grama pensacola e consórcio de aveia + nabo-forrageiro, uma vez que os mesmos, inclusive diferiram estatisticamente pelo teste t a 5% de probabilidade dos tratamentos com solo desnudo.

Nos eventos com precipitações inferiores a 10 mm e superiores a 3 horas de duração apresentaram resultados muito semelhantes entre os tratamentos com Solo desnudo e Amendoim Forrageiro, no entanto, ainda assim, um índice baixo, 0,13, enquanto que os demais tratamentos se mantiveram abaixo do índice 0,05. Assim sendo, embora nenhum tratamento tenha diferido estatisticamente entre si pelo teste t, para este tipo de precipitação, todos os tratamentos conseguiram apresentar valores baixos de escoamento, principalmente o azevém e o consórcio de aveia + nabo forrageiro, que apresentaram índices 0,02 e 0,03, respectivamente.

As precipitações até 10 mm e com duração inferior a 3 horas, por sua vez, apresentaram os menores índices de escoamento para todas as culturas, de forma que para estes volumes de precipitação, o escoamento superficial demonstrou-se desprezível em todos os tratamentos. Já nos demais grupos de avaliação o solo desnudo se destacou de maneira negativa, apresentando os piores índices de escoamento, assim, deve-se ter cautela ao adotar este tipo de manejo, visto o prejuízo potencial que o mesmo pode causar ao ambiente, como o selamento superficial, maior perda de água e maior probabilidade na ocorrência de erosão.

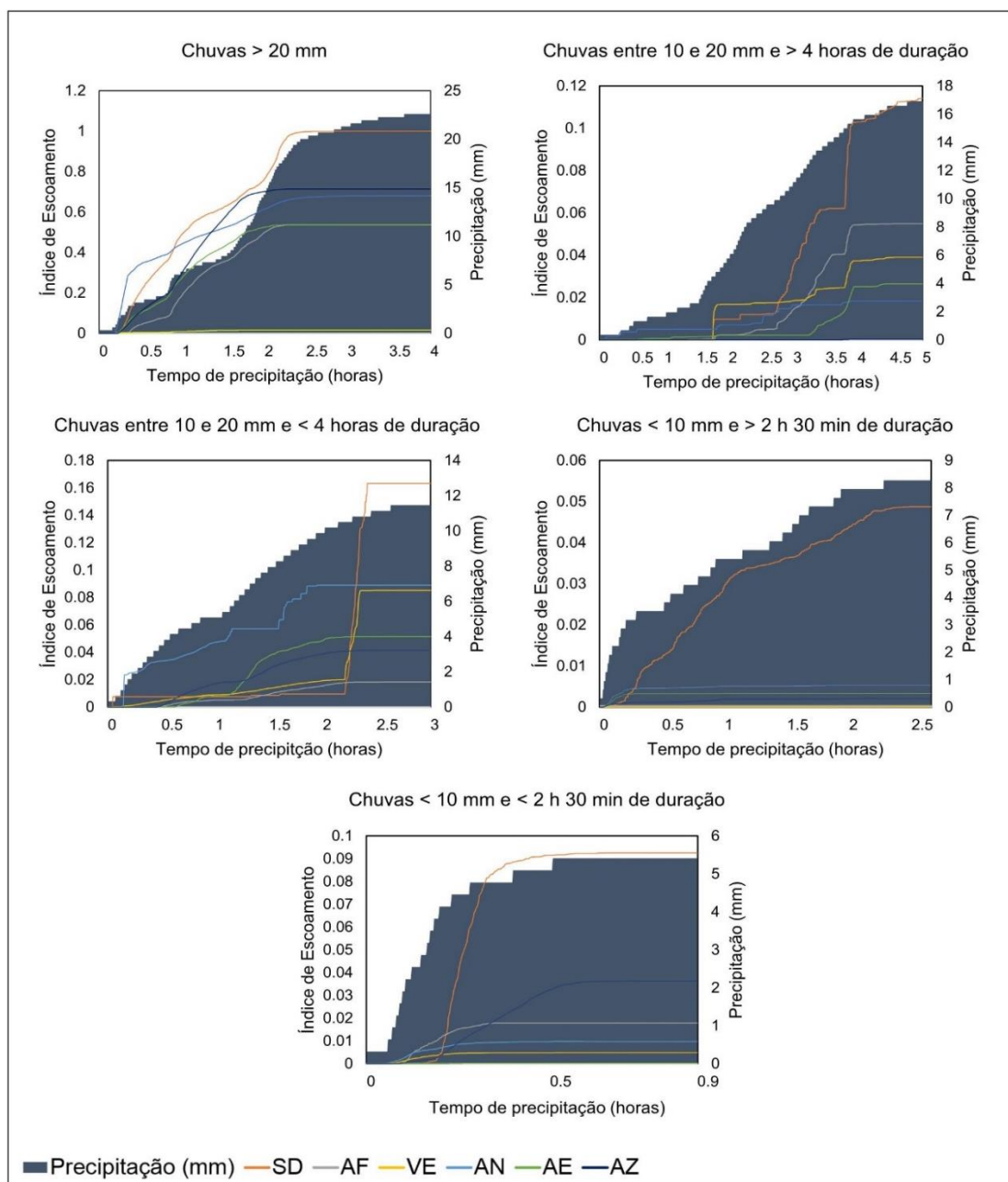
Todos os tratamentos avaliados apresentaram respostas ao escoamento superficial de água melhor do que o solo desnudo com exceção da última condição avaliada. Nesta, porém, todos os tratamentos apresentaram índice extremamente baixo, entre 0,00 e 0,03. Assim, percebe-se que os solos que estiverem sob cobertura vegetal, sejam elas perenes ou anuais, tenderão a proporcionar um menor escoamento superficial de água, principalmente em precipitações acima de 10 mm, quando o volume de água escoada pelo solo desnudo tende a ser bastante elevado.

Desta forma, os resultados obtidos corroboram com os de Sidiras & Roth (1987), McVay et al., (1989), Folorunso (1992) e Lanzasova et al (2010) que avaliaram a infiltração de água em solo desnudo e sob cultivos de cobertura, além dos resultados de Mallmann (2017), realizados na mesma área experimental, e que apresentou o solo desnudo como o tratamento com menor infiltração de água comparado com o cultivo

consorciado de aveia + ervilhaca e vegetação espontânea. Ainda, corroboram com os resultados de Wang et al., (2021), que observaram o risco de erosão por escoamento superficial ser reduzido em 23% com a adoção de cultivos de cobertura.

Além disso, também foi possível avaliar a forma com que ocorreram estes escoamentos durante os eventos (Figura 16), de modo que todos responderam em momentos de chuva semelhantes, diferindo, porém, na dimensão com que o apresentaram, sendo o solo desnudo, o tratamento que apresentou o maior índice de escoamento, como já visto na figura anterior. Principalmente nos grupos B, C e A, além de todos os fatores já citados anteriormente que interferem no escoamento superficial de água, a intensidade da precipitação inseriu-se como um fator que condicionou a ocorrência de maiores volumes de água escoada. Independente disto, os solos desnudos, nas avaliações realizadas e analisadas neste trabalho, com exceção das avaliações abaixo de 10 mm de precipitação com duração acima de 150 minutos, em que o escoamento foi desprezível (índice abaixo de 0,03 em todos os tratamentos) nas demais, os maiores índices de escoamento foram obtidos por ele, reforçando, assim, a capacidade dos cultivos de cobertura, sejam eles anuais ou perenes, em amenizar o escoamento de água e elevar a infiltração de água no solo.

Figura 9 - Escoamento ao longo do tempo em cada cultivo de cobertura em eventos de chuva dentro de cada grupo de precipitação.

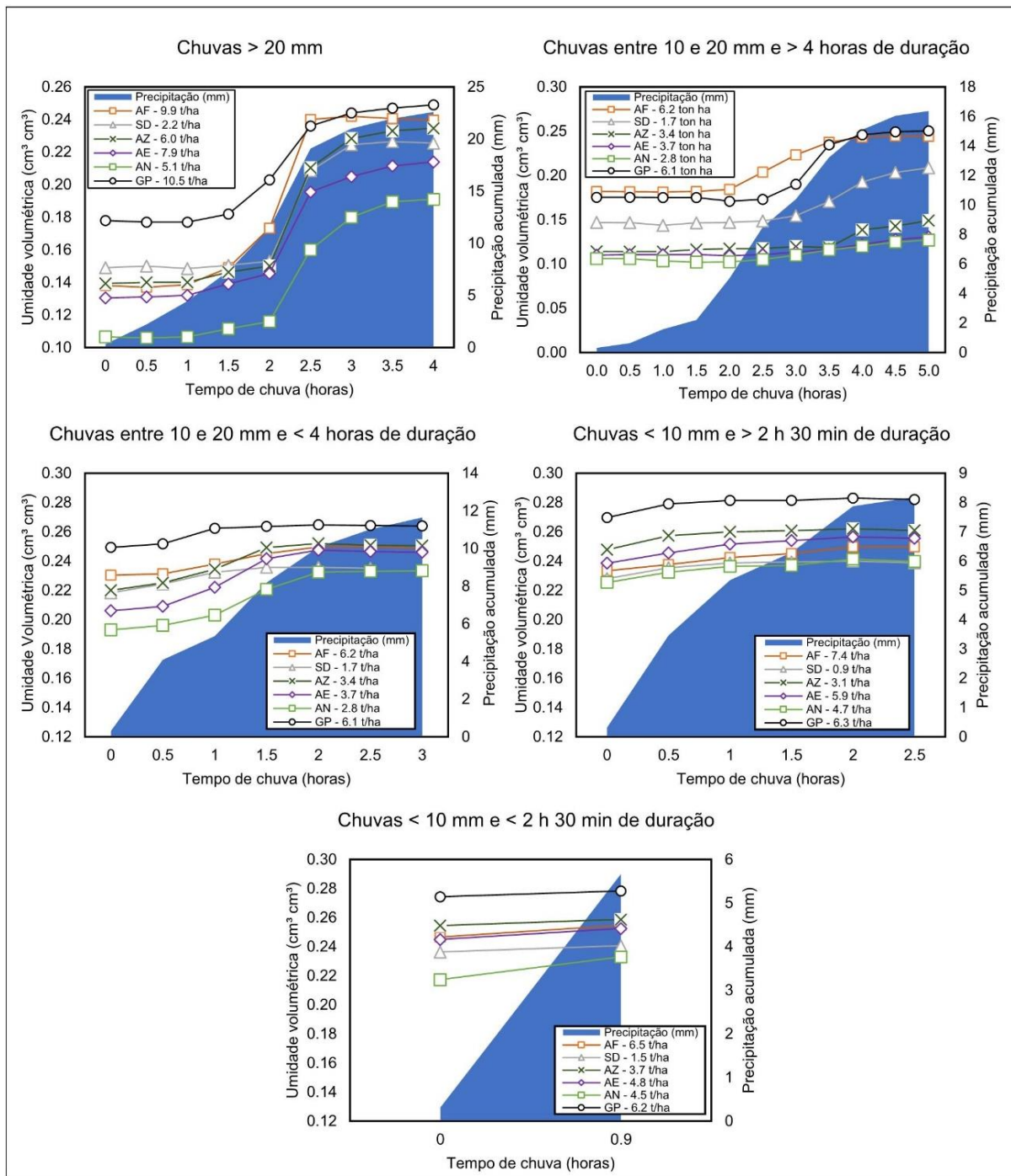


Juntamente com a análise do índice de escoamento, foi observado também a variação da umidade do solo em cada tratamento durante a precipitação (Figura 17), sendo possível observar que na medida em que os tratamentos apresentaram elevação na sua umidade do solo, os mesmos apresentaram os picos de escoamento, indicando que, embora outros fatores contribuam para o escoamento superficial de água, como a intensidade da chuva, citada anteriormente, quanto mais saturado o solo estiver, maior poderá ser o volume de água escoada, independente da cobertura do solo. Além disso, a ocorrência dos maiores

volumes ocorreram sempre nos tratamentos com solo desnudo, demonstrando a capacidade dos cultivos de cobertura em amenizar os impactos negativos de precipitações intensas e volumosas, principalmente.

Junto a isso, antes das precipitações ocorrerem, a umidade volumétrica do solo foi superior nos tratamentos com grama pensacola, porém, estes tratamentos também apresentaram baixos índices de escoamento superficial. Dessa forma, embora esta cultura consiga manter a umidade volumétrica do solo em níveis elevados, a quantidade de biomassa do mesmo bem como a arquitetura das plantas conferiu capacidade de reduzir o escoamento superficial. Já o segundo tratamento com maior umidade volumétrica antes das chuvas foram as parcelas com solo desnudo, demonstrando o efeito do selamento superficial que solos sem cobertura apresentam, como já relatado por Lanzasova et al. (2010) e Ran et al. (2018). Já nos tratamentos com azevém e nos consórcios de aveia + nabo forrageiro e aveia + ervilhaca apresentaram as menores umidades do solo momentos antes da precipitação, podendo ser um indicativo da alta taxa de transpiração deste tratamento, corroborando com Qi & Helmers (2010) e Kaspar & Singer (2011).

Figura 17 - Variação na umidade do solo a 7,5 cm de profundidade durante os eventos em cada grupo de precipitação.



5 CONCLUSÕES

Os cultivos perenes de Grama Pensacola e Amendoim forrageiro apresentaram os maiores valores absolutos de biomassa das plantas de cobertura do solo. Dentre os cultivos anuais, o consórcio de aveia + ervilhaca apresentou resultados superiores que os demais.

Os cultivos perenes de Grama Pensacola e Amendoim Forrageiro apresentaram as maiores umidades do solo, enquanto que os cultivos anuais apresentaram valores menores que o solo desnudo, ressaltando a interferência dos efeitos de respiração, transpiração nos mesmos e de selamento superficial no solo desnudo.

Os menores índices de escoamento, ocorreram nas parcelas com cultivo de Grama Pensacola, Azevém, Amendoim Forrageiro e consórcio de Aveia + Nabo forrageiro. Em precipitações de baixo volume e baixa intensidade, o escoamento superficial foi desprezível em todos os tratamentos, nas demais, o solo desnudo sempre se destacou negativamente, apresentando os maiores índices de escoamento superficial.

6 REFERÊNCIAS

Adetunji, A.T., Ncube, B., Mulidzi, R., Lewu, F.B., 2020. Management impact and benefit of cover crops on soil quality: A review. *Soil & Tillage Research* 204.

AITA, C.; GIACOMINI, S.J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.27, n.3, p.601-612, 2003.

Almeida, W.S de., Panachuki, E., Oliveira, P.T.S., Sobrinho, T.A., Carvalho, D.F. 2018. Effect of soil tillage and vegetal cover on soil water infiltration. *Soil & Tillage Research*. 175, 130-138.

Almeida, W.S., Panachuki, E., Oliveira, P.T.S., Menezes, R.S., Sobrinho, T.A. e Carvalho, D.F., 2018. Effect of soil tillage and vegetal cover on soil water infiltration. *Soil & Tillage Research* 175, 130-138.

Alonso-Ayuso, M., Quemada, M., Vanclouster, M., Ruiz-Ramos, M., Rodriguez, A., Gabriel, J.L., 2018. Assessing cover crop management under actual and climate change conditions. *Sci. Total Environ.* 621, 1330–1341. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.095>.

Amado, T.J.C., Cogo, N.P., Levien, R. 1989. Eficácia relativa do manejo do resíduo cultural de soja na redução das perdas de solo por erosão hídrica. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 14, 251-257.

ASSIS, G. M. L. de; VALENTIM J. F.; ANDRADE, C. M. S. de. BRS Mandobi: a new forage peanut cultivar propagated by seed for the tropics. *Tropical Grasslands, Cali*, v. 1, n. 1, p. 39-41, Sep. 2013.

BAI, S. H.; BLUMFIELD, T. J.; REVERCHON, F. The impact of mulch type on soil organic carbon and nitrogen pools in a sloping site. *Biology and Fertility of Soils*, v. 50, p. 37-44, 2014.

Bauhardt, R.L., Jones, O.R. 2002. Residue management and paratillage effects on some soil properties and rain infiltration. *Soil & Tillage Research*. 65, 19-27.

BRSEEDS. Amendoim forrageiro. Disponível em:<<http://www.brseeds.com.br/controle/arquivo/amendoimforrageiro.pdf>>. Acesso em 24 mar. 2020.

CALEGARI, A. Plantas de cobertura e rotação de culturas no sistema plantio direto. *Informações Agronômicas*, Piracicaba, n. 122, p. 18-21, jun. 2008.

Carvalho, D.F., Eduardo, E.N., Almeida, W.S., Santos, L.A.F., Alves Sobrinho, T., 2015. Water erosion and soil water infiltration in different stages of corn development and tillage systems. *Rev. Bras. de Eng. Agric. e Ambiental* 19, 1076–1082.

Carvalho, F.L.C., Cogo, N.P., Levien, R. 1990. Eficácia relativa de doses e formas de manejo do resíduo cultural de trigo na redução da erosão hídrica do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 14, 227-234.

Çerçioğlu, M., Anderson, S.H., Udawatta, R.P. and Alagele, S., 2019. Effect of cover crop management on soil hydraulic properties. *Geoderma* 343, 247-253.

CLERMONT-DAUPHIN, C; et al. Dinitrogen fixation by the legume cover crop *Pueraria phaseoloides* and transfer of fixed N to *Hevea brasiliensis*—Impact on tree growth and vulnerability to drought. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 217, p. 79–88, 2016.

Costa, E.L., Silva, A.M., Colombo, A., Abreu, A.R., 1999. Infiltração de água em solo, determinada por simulador de chuvas e pelo método dos anéis. *Ver. Bras. Eng. Agric. Amb.* 3, 131-134. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v3n2p131-134>

DAHLEM, A.R. Plantas de cobertura de inverno em sistemas de produção de milho sob plantio direto no sudoeste do Paraná. *Dissertação. Mestrado em Agronomia. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco. 2013. 97p.*

Debarba, L. 1993. Sistemas de produção de milho adaptados à conservação do solo. *Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Santa Maria.*

Didone, E.J., Minella, J.P.G., Reichert, J.M., Merten, G.H., Dalbianco, L., De Barros, C.P.P., Ramon, R., 2014. Impact of no-tillage agricultural systems on sediment yield in two large catchment in Southern Brazil. *J. Soil Sediment* 14, 1287–1297. <http://dx.doi.org/10.1007/S11368-013-0844-6>.

Folorunso, O.A., Rolston, D.E., Prichard, T., and Louie, D.T., 1992. Soil surface strength and infiltration rate as affected by winter cover crops. *Soil Technology*. 5, 189-197.

FONTANELLI, R. S.; SANTOS, H. P dos.; FONTANELLI, R. S.; Forrageiras para Integração Lavoura-Pecuária-Floresta na Região Sul-Brasileira, Capítulo 4, Gramíneas forrageiras anuais de inverno. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, EMBRAPA. 2012

Fu, B.J., Wang, S., Liu, Y., Liu, J.B., Liang, W., Miao, C.Y., 2017. Hydrogeomorphic ecosystem responses to natural and anthropogenic changes in the Loess Plateau of China. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.* 45, 223–243.

García-González, I., Hontoria, C., Gabriel, J.L., Alonso-Ayuso, M., Quemada, M., 2018. Cover crops to mitigate soil degradation and enhance soil functionality in irrigated land. *Geoderma* 322, 81-88.

Glab, T., Scigalska, B., and Labuz, B., 2013. Effect of crop rotations with triticale (x Triticosecale Wittm.) on soil pore characteristics. *Geoderma* 202-203, 1-7.

Gulick, S.H., Grimes, D.W., Munk, D.S., Goldhamer, D.A. 1994. Cover-crop enhanced water infiltration of a slowly permeable fine Sandy loam. *Soil Science Society American Journal*. 58.

Kaspar, T., Singer, J., 2011. The use of cover crops to manage soil. In: Hatfield, J., Sauer, T. (Eds.), *Soil Management: Building a Stable Base for Agriculture*. SSSA., Madison, WI.

Keesstra, S. D., Bouma, J., Wallinga, J., Tittonell, P., Smith, P., Cerdà, A., Montanarella, L., Quinton, J. N., Pachepsky, Y., van der Putten, W. H., Bardgett, R. D., Moolenaar, S., Mol, G., Jansen, B., and Fresco, L. O.: The significance of soils and soil science towards realization of the United Nations Sustainable Development Goals, *SOIL*, 2, 111–128, <https://doi.org/10.5194/soil-2-111-2016>, 2016.

LAL, R. A system approach to conservation agriculture. *Journal of Soil and Water Conservation*. v. 70, n. 4, p. 82A-88^a. 2015.

LANZANOVA, E. M. et al. Residual effect of soil tillage on water erosion from a typical Paleudalf under long-term no-tillage and cropping systems. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. V. 34, p. 1333-1342. 2010.

MALLMANN, M. S. 2017. Infiltração de água no solo condicionada pelo uso de plantas de cobertura. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

MALUF, J. R. T. Nova classificação climática do estado do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 141-150, 2000.

McVay, K.A., Radcliffe, D.E., Hargrove, W.L., 1989. Winter legume effects on soil properties and nitrogen fertilizer requirements. *Soil Science Society American Journal*. 53, 1856-1862.

Meyer, N., Bergez, J-E., Constantin, J., Belleville, P., Justes, E., 2020. Cover crops reduce drainage but not always soil water content due to interactions between rainfall distribution and management. *Agricultural Water Management* 231.

Michelon, C.J., Neto, L.R., Oliveira, M.B., Vieira, C.C., Casali, C.A., Pellegrini, J.B.R. 2015. Plantas de cobertura e seu efeito na densidade do solo e no rendimento de grãos da cultura do milho. XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo.

Miqueloni, D. P.; Assis, G. M. L. 2020. AMENDOIM FORRAGEIRO: PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS, USO E MELHORAMENTO GENÉTICO. *Docência, Pesquisa e Liderança em Zootecnia*. 1ed.: Atena Editora, p. 1-27.

MORENO, J. A. Clima do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Secretaria da agricultura, 1961. 42 p.

OLIVEIRA, C. A. de; MUZZI, M. R. S.; PURCINO, H. A.; MARRIEL, I. E.; SÁ, N. M. H. de. Decomposition of *Arachis pintoi* and *Hyparrhenia rufa* litters in monoculture and intercropped systems under lowland soil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 38, n. 9, p. 1089-1095, set. 2003.

Panachuki, E., Sobrinho, T.A., Vitorino, A.C.T., Carvalho, D.F., Urchei, M.A. 2006. Avaliação da infiltração de água no solo, em sistema de integração agricultura-pecuária, com uso de infiltrômetro de aspersão portátil. *Acta Sci. Agron.* 28, 129-137.

Pott, C.A., De Maria, I.C., 2003. Comparação de métodos de campo para determinação da velocidade de infiltração básica. *Rev. Bras. Cienc. Solo.* 27, 19-27. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832003000100003>

Pruski, F.F., Vendrade, V., Oliveira, E.F., Balbino, L.C., Ferreira, P.A., Werlang, L., e Carvalho, L. 1997. Infiltração da água num Latossolo Roxo. *Pesq. Agropec. Bras.* 32, 77-84.

Qi, Z., M, Helmers. Soil water dynamics under winter rye cover crop in central Iowa. *Vadose Zone J.* 9:53–60. 2010

Ran, Q.; Wang, F.; Li, P.; Ye, S.; Tang, H.; Gao, J. Effect of rainfall moving Direction on surface flow and soil erosion processes on slopes with sealing. *Journal of Hidrology.* V. 567, p. 478-488. 2018

REICOSKY, D. C. Conservation tillage is not conservation agricultura. *Journal of soil and water conservation.* V. 70, n. 5, p. 103A-108A. 2015

Rocha, S.P da., 2018. Propriedades físico-hídricas e químicas do solo e crescimento inicial da erva-mate cultivada em diferentes tipos de cobertura de solo. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

Sadeghi, S.H.R., Sharifi Moghadam, E., Khaledi Darvishan, A., 2016. Effects of subsequent rainfall events on runoff and soil erosion components from small plots treated by vinasse. *Catena* 138, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2015.11.007>.

SARTORI, M. da G. B. O clima de Santa Maria, RS: do regional ao urbano. 1979. 165 f. Dissertação (Mestrado em geografia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1979.

Sastre, B., Marques, M.J., García-Díaz, A., Bienes, R., 2018. Three years of management with cover crops protecting sloping olives groves soils, carbon and water effects on gypsiferous soil. *CATENA* 171, 115-124.

Seganfredo, M.L. 1995. Sistemas de culturas adaptados à produtividade do milho e à conservação do solo. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Santa Maria.

Shaxson, T.F. and Barber, R. 2003. Optimizing soil moisture for plant production. Soils Bulletin 79, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.

Silva, E. A., Reinert, D.J., Reichert, J.M., Mallmann, M.S., Pereira, M. A., Pons, S.S., Foggiato, W.S. 2019. Soil conservation management with cover crops; effects on critical energy levels, release and dispersion of aggregates. *Bragantia*. 78 (3).

SOUZA, F. H. D.; CAVALLARI, M. M.; GUSMÃO, M. R.; Produção comercial de sementes de *Paspalum notatum* var. *notatum*. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. 2020.

Stallings, J.H. 1957. Soil Conservation. Englewood Cliffs, Prentice Hall. 575p.

VELÁSQUEZ, E.; FONTE, S. J.; BAROT, S.; GRIMALDI, M.; DESJARDINS, T.; LAVELLE, P. Soil macrofauna-mediated impacts of plant species composition on soil functioning in Amazonian pastures. *Applied Soil Ecology*. V. 56, p. 43-50. 2012

Wang, H., Zhao, W., Li, C., Pereira, P. 2021. Vegetation greening partly offsets the water erosion risk in China from 1999 to 2018. *Geoderma*. 401.

WOLSCHICK, N. H. et al. Cobertura do solo, produção de biomassa e acúmulo de nutrientes por plantas de cobertura. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, n.2, v.15, p.134-143, 2016.

WUTKE, E. B.; CALEGARI, A.; WILDNER, L. do P. Espécies de adubos verdes e plantas de cobertura e recomendações para seu uso. In: LIMA FILHO, O. F. de, et al. *Adubação Verde: e plantas de cobertura no Brasil*. Brasília: Embrapa, 2014. cap.3, p. 59-167.

ZHANG, J. ZHOU, L. MA, R. JIA, Y. YANG, F. ZHOU, H. CAO, X. 2019. Influence of soil moisture content and soil water conservation measures on time to runoff initiation under different rainfall intensities. *Catena*, v. 182.