

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CAMPUS FREDERICO WESTPHALEN
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA
AMBIENTAL

Cabrieli Aline Jaeger

**METODOLOGIA PARA DETERMINAÇÃO DA RETENÇÃO DE ÁGUA
PELO CAMPO NATIVO DO BIOMA PAMPA**

Frederico Westphalen, RS
2022

Cabrieli Aline Jaeger

**METODOLOGIA PARA DETERMINAÇÃO DA RETENÇÃO DE ÁGUA PELO
CAMPO NATIVO DO BIOMA PAMPA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, da Universidade Federal de Santa Maria, *campus* Frederico Westphalen (UFSM/FW, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Renato Beppler Spohr
Coorientador: Prof. Dr. Edner Baumhardt

Frederico Westphalen, RS
2022

Jaeger, Cabrieli Aline
METODOLOGIA PARA DETERMINAÇÃO DA RETENÇÃO DE ÁGUA
PELO CAMPO NATIVO DO BIOMA PAMPA / Cabrieli Aline
Jaeger.- 2022.
78 p.; 30 cm

Orientador: Renato Beppler Spohr
Coorientador: Edner Baumhardt
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Campus de Frederico Westphalen, Programa de Pós
Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, RS, 2022

1. Retenção de água 2. Vegetação herbácea 3. Simulador
de chuvas 4. Bioma Pampa I. Spohr, Renato Beppler II.
Baumhardt, Edner III. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

Declaro, CABRIELI ALINE JAEGER, para os devidos fins e sob as penas da lei, que a pesquisa constante neste trabalho de conclusão de curso (Dissertação) foi por mim elaborada e que as informações necessárias objeto de consulta em literatura e outras fontes estão devidamente referenciadas. Declaro, ainda, que este trabalho ou parte dele não foi apresentado anteriormente para obtenção de qualquer outro grau acadêmico, estando ciente de que a inveracidade da presente declaração poderá resultar na anulação da titulação pela Universidade, entre outras consequências legais.

Cabrieli Aline Jaeger

**METODOLOGIA PARA DETERMINAÇÃO DA RETENÇÃO DE ÁGUA PELO
CAMPO NATIVO DO BIOMA PAMPA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, da Universidade Federal de Santa Maria, *campus* Frederico Westphalen (UFSM/FW, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental.

Aprovada em 27 de outubro de 2022:

Renato Beppler Spohr, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Edner Baumhardt, Dr. (UFSM)
(Coorientador)

Genesio Mario da Rosa, Dr. (UFSM)

Elenice Broetro Weiler, Dra.

Frederico Westphalen, RS

2022

*À minha mãe, irmãos e sobrinho, por todo incentivo, amor e compreensão.
Amo vocês!*

AGRADECIMENTOS

À minha família, por não medir esforços para me ver conquistando este título e por sempre me apoiar em todos os momentos.

Ao meu orientador Professor Dr. Renato Beppler Spohr, pela oportunidade, aprendizado, apoio, orientação e amizade.

Ao meu coorientador Prof. Dr. Edner Baumhardt, pelos auxílios prestados no decorrer do desenvolvimento da presente dissertação, e pelo companheirismo ao longo da minha trajetória pela UFSM/FW.

À Universidade Federal de Santa Maria, *Campus* Frederico Westphalen, por mais uma oportunidade de crescimento e desenvolvimento profissional.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, por toda a contribuição na minha formação.

Ao acadêmico do Curso de Engenharia Florestal da UFSM/FW, Cristian Fonseca Bezerra, pelo auxílio nas atividades realizadas a campo.

Ao Sr. Ricardo Figueiredo de Almeida pelo interesse e disposição de sua propriedade para a realização deste estudo.

A todos que contribuíram, de forma direta ou indireta, para a realização desta dissertação, agradeço!

A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo.

(Albert Einstein)

RESUMO

METODOLOGIA PARA DETERMINAÇÃO DA RETENÇÃO DE ÁGUA PELO CAMPO NATIVO DO BIOMA PAMPA

Autora: Cabrieli Aline Jaeger
Orientador: Prof. Dr. Renato Beppler Spohr

A falta de informações sobre a relação existente entre a vegetação herbácea do campo nativo e os processos hidrológicos perpassa os anos, e torna impossível mensurar o grau de impacto que a alteração desta cobertura natural do solo pode provocar em uma bacia hidrográfica. Assim, o presente trabalho teve como objetivo geral avaliar o simulador de chuvas como metodologia para determinar a retenção de água pela vegetação nativa e serrapilheira do Bioma Pampa; e como objetivos específicos, contribuir para metodologia de determinação da retenção de água pela vegetação herbácea; avaliar a aplicabilidade do simulador de chuvas como método para determinar a retenção de água pela vegetação nativa e serrapilheira do Bioma Pampa; e estimar a água interceptada pela parte aérea e radicular da vegetação, utilizando-se de dados pluviométricos da região. A metodologia empregue foi a pesquisa de campo realizada nos municípios de Rosário do Sul, em 2014, e Caçapava do Sul, em 2021; onde utilizou-se de um simulador de chuvas, amostras estruturadas de vegetação de campo nativo e de solo, para a aplicação de testes de chuva a 100mm/h, visando determinar o quantitativo de água que fica retido nas plantas herbáceas. A partir disso, realizou-se a estimativa da retenção de água pela vegetação durante eventos chuvosos, por meio de dados históricos de precipitação. Encontrou-se valores estimados de retenção de 13,2% para a vegetação de Rosário do Sul e de 4,5% para a de Caçapava do Sul; apresentando uma média geral de 8,9% da precipitação total incidente neste bioma. O método utilizado no presente estudo mostrou-se como uma alternativa favorável para obtenção de dados de retenção de água pela vegetação herbácea do campo nativo, pois, apesar de suas limitações, os valores observados foram semelhantes aos encontrados na literatura. No entanto, devido às incertezas que o método apresenta, principalmente no que tange à sensibilidade para registrar eficientemente uma porção pequena de água retida; à dificuldade em obter-se amostras com espessuras uniformes, e pela associação entre a parte radicular e aérea das plantas, faz-se necessário realizar ajustes metodológicos a fim de aumentar a acurácia dos dados.

Palavras-chave: Simulador. Chuva. Herbácea. Vegetação.

ABSTRACT

METHODOLOGY FOR DETERMINING WATER RETENTION BY THE NATIVE FIELD OF THE PAMPA BIOME

Author: Cabrieli Aline Jaeger
Advisor: Prof. Dr. Renato Beppler Spohr

The lack of information about the existing relationship between the native field's herbaceous vegetation and hydrological processes runs through the years, and makes it impossible to measure the impact that this change of the soil natural covering can cause in a river basin. Thus, this present paper had as general objective to evaluate the rain simulators as a method to determine the water retention by native and serrapilheira vegetation of Pampa Biome; and as specific objectives, contribute to the method of water retention determination by herbaceous vegetation: evaluate applicability of the rain simulator as a method to determine water retention by native and serrapilheira vegetation of the Pampa Biome; and estimate water intercepted by the air and root vegetation, using local rainwater data. The methodology used was the field research taken in Rosários do Sul town, in 2014, and in Caçapava do Sul, in 2021; where a rain simulator, structured samples of native field and soil vegetation, to the application of rain tests at 100 mm.h^{-1} , in order to determine the quantity of water that gets retained in herbaceous plants. From this, an estimation of water retention by vegetation during rainy events was made, from historical rainfall data. Numbers found were 13,2% retention to Rosário do Sul's vegetation and 4,5% to Caçapava do Sul's vegetation; showing an overall average of 8,9% of total rainfall incidence to this biome. The method used in this present paper showed itself as a favorable alternative for obtaining data on water retention by native field herbaceous vegetation, because, besides its limitations, numbers observed were similar to the ones found in literature. However, due to the uncertainties the method presents, especially to sensitivity to efficiently register a small portion of retained water; to the difficulty in obtaining samples with equal thickness, and to the association between root and air parts of the plant, it is necessary to hold methodological adjustments in order to increase the accuracy of data.

Keywords: Simulator. Rain. Herbaceous. Vegetation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Representação esquemática do ciclo hidrológico	18
Figura 02 - Localização do bioma pampa no Rio Grande do Sul.	26
Figura 03 - Localização do município de Rosário do Sul e da área de estudo.....	33
Figura 04 - Localização do município de Caçapava do Sul e da área de estudo.	36
Figura 05 - Utilização do nível de mangueira para determinação da declividade.....	39
Figura 06 - Detalhe do estrado de madeira que representa a declividade real do terreno (A) e disposição inclinada das amostras (B).....	39
Figura 07- Sequência de extração das leivas contendo vegetação (A até E) e da leiva testemunha (F).	41
Figura 08 - Detalhe da estrutura do simulador de chuvas (A); do bico aspersor (B) e da motobomba utilizada (C).....	43
Figura 09 - Disposição e alocação dos copos coletores sob o simulador.	44
Figura 10 - Características da parte inferior de uma leiva após a lavagem do solo, em 2014 no município de Rosário Do Sul.	46
Figura 11 - Características da parte inferior de uma leiva após a lavagem do solo, em 2021 no município de Caçapava Do Sul.....	47
Figura 12 - Estimativa da lâmina de água retida pela vegetação para todos os meses analisados.....	55
Figura 13 - Estimativa da lâmina de água retida pela vegetação para todos os meses analisados.....	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultado do conteúdo gravimétrico do solo (Ug), da massa e lâmina de água retida pela vegetação, durante os testes realizados com chuva simulada em Rosário do Sul.	49
Tabela 2 - Resultado do conteúdo gravimétrico do solo (Ug), da massa e lâmina de água retida pela vegetação, durante os testes realizados com chuva simulada em Caçapava do Sul.	50
Tabela 3 - Precipitação anual e estimativa da porcentagem retida na vegetação do bioma Pampa durante cinco anos de observação.	53
Tabela 4 - Precipitação anual e estimativa da porcentagem retida na vegetação do bioma Pampa durante cinco anos de observação.	55

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1.....	45
Equação 2.....	45

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	15
2.1 OBJETIVO GERAL.....	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
3 REFERENCIAL TEÓRICO	16
3.1 O CICLO HIDROLÓGICO E A DINÂMICA DA ÁGUA NO SOLO.....	16
3.1.1 A importância da água	16
3.1.2 O ciclo hidrológico e o papel da vegetação	17
3.2 IMPACTOS CAUSADOS PELA ALTERAÇÃO DO USO DO SOLO	23
3.3 BIOMA PAMPA.....	25
3.3.1 Vegetação nativa do Bioma Pampa no Rio Grande do Sul	27
3.4 SIMULADOR DE CHUVAS.....	29
4 METODOLOGIA	32
4.1 LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO	32
4.1.1 Município de Rosário do Sul	32
4.1.2 Município de Caçapava do Sul	35
4.2 SIMULAÇÕES DE CHUVA	38
4.2.1 Determinação da declividade da área	38
4.2.2 Extração das leivas de campo nativo	40
4.2.3 Simulador de chuvas	41
4.2.4 Testes com chuva simulada	43
4.2.5 Biomassa de campo nativo	45
4.2.6 Dados pluviométricos	47
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
5.1 SIMULAÇÕES DE CHUVA	49
5.2 PERCENTUAL DE ÁGUA RETIDO PELA VEGETAÇÃO ESTIMADO PARA CINCO ANOS HIDROLÓGICOS	53
5.2.1 Município de Rosário do Sul	53
5.2.2 Município de Caçapava do Sul	55
5.3 CONTRIBUIÇÃO DO SIMULADOR DE CHUVA COMO METODOLOGIA PARA OBTENÇÃO DE DADOS DE RETENÇÃO.....	58
6 CONCLUSÃO	61
7 RECOMENDAÇÕES	62
REFERÊNCIAS	63

1 INTRODUÇÃO

A água é um elemento natural e fonte de vida na Terra que, apesar da sua importância, está se tornando cada vez mais escasso em qualidade e quantidade, muito em função do crescimento populacional e da demanda crescente por recursos naturais.

Por ser um recurso essencial à vida, faz-se necessário o monitoramento e a realização de estudos hidrológicos considerando o tipo do solo, geologia, topografia, clima, cobertura vegetal, entre outros (CONSENSA, 2012); pois o estudo interdisciplinar e integrado de hidrologia, pedologia e ecologia permite a compreensão da zona crítica do solo (NÁVAR, 2011), e esclarece as interações existentes entre os componentes de determinado sistema.

Muitos dos processos hidrológicos que compõem o balanço hídrico estão relacionados com a vegetação; como é o caso dos processos de interceptação, evaporação e transpiração que são muito influenciados pelo tipo de cobertura vegetal existente (BAYER, 2014). A interceptação possui um importante papel no ciclo d'água, pois é o processo em que a água da chuva é temporariamente retida pelas plantas, a qual retorna à atmosfera através da evaporação (GIGLIO; KOBAYAMA, 2013; SARI *et al.*, 2016).

Neste sentido, considerando a atuação da vegetação nestes processos e considerando as alterações na cobertura do solo, lost (2008) afirma que o monitoramento ambiental em bacias hidrográficas visa caracterizar as mudanças que ocorrem pelo uso e ocupação do solo, tornando possível avaliar os efeitos das atividades humanas exercidas nas bacias hidrográficas sobre os ecossistemas.

Os efeitos das alterações do uso do solo sobre as variáveis hidrológicas têm sido muito discutidos nos últimos tempos e, apesar de se conhecer grande parte da relação existente entre a vegetação e os processos hidrológicos, muitos estudos vêm sendo desenvolvidos a fim de elucidar as dúvidas existentes sobre o papel da vegetação na produção de água, e sua influência para com a qualidade e quantidade desta (BAYER, 2014).

Em relação à vegetação nativa do bioma Pampa, pouco se sabe a respeito da sua interação para com o balanço hídrico, principalmente no que tange o processo de retenção da precipitação (GIGLIO; KOBAYAMA, 2013), não permitindo assim, a obtenção de um parâmetro de análise e comparação para outros usos do solo.

Por isso, os debates sobre o bioma Pampa no Rio Grande do Sul vêm se intensificando devido às grandes plantações comerciais estarem ocorrendo sobre uma área de vegetação herbácea (CHRISTINA, *et al.*, 2011; CORRÊA, *et al.*, 2019), enquanto ainda se desconhece os impactos da inserção de espécies exóticas em uma região cuja vegetação natural é caracterizada por pasto nativo; uma vez que estas apresentam características vegetais muito distintas entre si, e conseqüentemente, possuem diferentes influências sobre o ciclo hidrológico da região.

Devido à inexistência da especificidade de informações sobre a vegetação campestre deste bioma e sua atuação nos processos hidrológicos, é de suma importância a realização de estudos que permitam visualizar o comportamento que a vegetação herbácea nativa apresenta frente a estes processos, tornando possível identificar e mensurar o grau de impacto que a alteração da cobertura do solo pode provocar em uma bacia hidrográfica.

Deste modo, considerando que os estudos já realizados para determinar a interceptação de água pela vegetação herbácea, citam apenas a influência da parte aérea das plantas (COUTURIER; RIPLEY, 1973; CORBERTT; CROUSE, 1968; BALBINOT *et al.*, 2008; TSIKO *et al.*, 2012; ZOU *et al.*, 2015; REICHERT *et al.*, 2017; BRITTO; BAPTISTA; LIMA, 2019; GORDON *et al.*, 2020; EBLING *et al.*, 2021), torna-se importante desenvolver uma metodologia que permita obter dados de retenção da água, tanto pela parte aérea como pela parte subterrânea das espécies herbáceas; tendo em vista que o sistema radicular também influencia na quantidade de água precipitada que fica disponível ao lençol freático, devido à relação de retroalimentação que as raízes possuem com a água do solo (LANDSBERG; SANDS, 2011).

Assim, devido à inexistência de informações sobre a relação entre a vegetação nativa do bioma Pampa e os processos hidrológicos, este estudo visou avaliar o uso de um simulador de chuvas como uma técnica a ser utilizada para determinar a retenção de água pelo campo nativo; permitindo o levantamento de dados desta variável em vegetação herbácea, para que estes possam ser utilizados na análise dos impactos que a inserção de espécies exóticas pode estar causando neste bioma. Para tal, realizou-se testes de chuva simulada com as amostras vegetais de campo nativo nos municípios de Rosário do Sul e Caçapava do Sul.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver arranjo metodológico para determinar a retenção de água pela vegetação nativa e serrapilheira do Bioma Pampa.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a aplicabilidade do simulador de chuvas como método para determinar a retenção de água pela vegetação nativa e serrapilheira do Bioma Pampa;
- Estimar a água interceptada pela parte aérea e radicular da vegetação do Bioma Pampa, utilizando-se de dados pluviométricos históricos;
- Contribuir para metodologia de determinação da retenção de água pela vegetação herbácea.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 O CICLO HIDROLÓGICO E A DINÂMICA DA ÁGUA NO SOLO

3.1.1 A importância da água

A água tem fundamental importância para a manutenção da vida no planeta, pois é ela quem impulsiona todos os ciclos da dinâmica da natureza; estando diretamente relacionada com o equilíbrio da biodiversidade e das relações de dependência entre seres vivos e ambientes naturais, assim como com a sobrevivência da espécie humana, por ser um recurso vital para qualquer atividade que o homem realize (PREVEDELLO, 2012; BACCHI; PATACA, 2008).

A água é uma das substâncias mais comuns existentes na natureza, cobrindo cerca de 70% da superfície do planeta. No entanto, sabe-se que aproximadamente 97,4% deste volume total, é água salgada, que limitadamente pode ser usada pelos seres humanos (VICTORINO, 2007). Do volume restante de água existente no planeta, apenas 1% está diretamente disponível para o homem e os outros organismos, sendo que deste 1%, os rios e lagos contêm 61%, enquanto o solo e a atmosfera contêm 39% (RIGHES, 2009).

Atualmente, este recurso natural encontra-se cada vez mais limitado e está sendo exaurido pelas ações impactantes das atividades humanas, que degradam a sua qualidade, alteram sua disponibilidade e prejudicam os ecossistemas (PREVEDELLO, 2012).

Além disso, sem água em quantidade e qualidade adequada, o desenvolvimento econômico-social e a qualidade de vida ficam comprometidos. É certo que as fontes de água doce, tanto superficiais como subterrâneas, têm sofrido nas últimas décadas em razão de um conjunto de atividades humanas sem precedentes na história, que vêm acelerando a sua degradação (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2020).

Assim, tendo em vista a importância deste elemento, faz-se necessário a realização de estudos hidrológicos em bacias experimentais para verificar, cientificamente, as possíveis consequências sobre os recursos hídricos, quanto às alterações pelo uso do solo, considerando o tipo do solo, geologia, topografia, clima, cobertura vegetal, entre outros (CONSENSA, 2012).

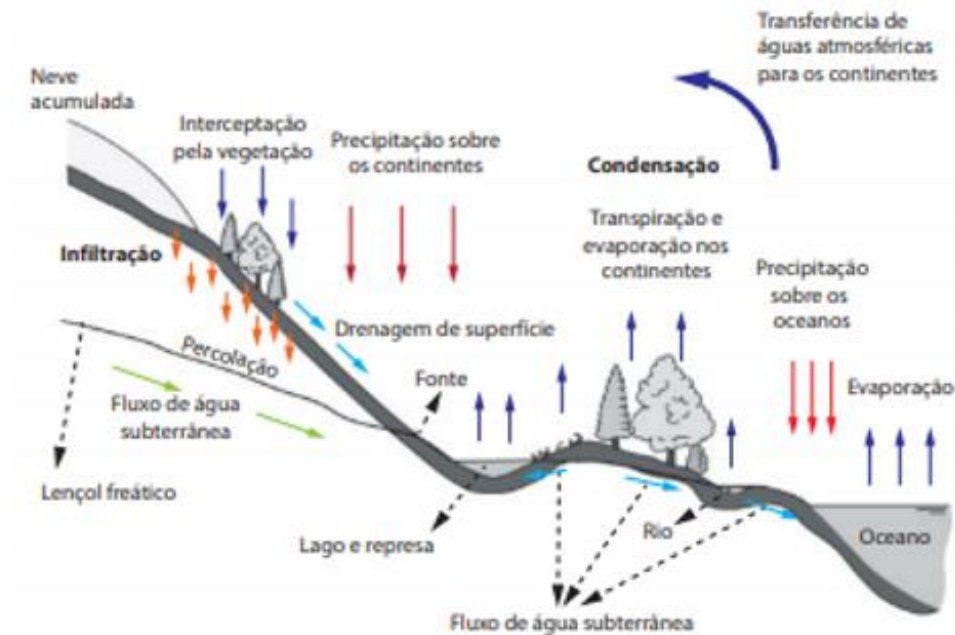
3.1.2 O ciclo hidrológico e o papel da vegetação

Muitos dos processos que compõem o ciclo hidrológico estão fortemente relacionados com a vegetação. Esta, exerce influência sobre a interceptação, condensação, precipitação, evapotranspiração, escoamentos superficiais e subsuperficiais, infiltração e percolação, na dinâmica e na manutenção dos aquíferos (SCHIAVETTI; CAMARGO, 2002; BAYER, 2014).

O ciclo hidrológico é um fenômeno global de circulação fechada da água, que ocorre entre a superfície terrestre e a atmosfera, impulsionado essencialmente pela energia solar, associada à gravidade e a rotação da terra (DEON, 2015; CONSENSA, 2012). Por ser um ciclo fechado, a água não se perde no sistema, pois ela é constantemente transferida entre os compartimentos desse grupo e renovada, mantendo fixo o volume total de água presente no planeta (PREVEDELLO, 2012).

Segundo Costa (2014), Tundisi e Matsumura-Tundisi (2020), neste ciclo (Figura 1) a água evapora dos oceanos, de outros cursos d'água superficiais, do solo, da neve, do gelo, dos seres vivos e da vegetação, devido ao calor do Sol; mistura-se com o ar, e é levada pelos ventos para diferentes lugares da Terra. Então, a água sobe e se condensa formando as nuvens, e devido ao efeito da elevação da temperatura ou da altitude, esta água retorna à superfície terrestre em forma de orvalho, neve, granizo, geada, chuva, nevoeiro. Enquanto escoar dos lugares de maior altitude para os de menor altitude, parte desta água infiltra no solo, podendo ficar disponível para as plantas ou se juntar ao lençol freático, e parte se junta aos fluxos dos rios que retornam aos oceanos, iniciando novamente o ciclo.

Figura 1 - Representação esquemática do ciclo hidrológico.



Fonte: Adaptado de Tundisi e Matsumura-Tundisi (2020).

Como é possível observar na Figura 1, o solo, as plantas e a atmosfera podem ser consideradas como componentes de um sistema fisicamente inter-relacionado e dinâmico, no qual os processos estão interligados, e o fluxo de água se move dos locais de maior potencial para os de menor potencial (MIRANDA; OLIVEIRA; SILVA, 2010).

De acordo com Prevedello (2012), dentre os variados processos que o ciclo hidrológico envolve, a infiltração, redistribuição, evaporação e absorção de água pelas plantas, são processos interdependentes, e que na maioria das vezes ocorrem simultaneamente. Ou seja, a vegetação tem um papel importante nas trocas de energia entre atmosfera e superfície, e conseqüentemente, nos fluxos de volume de água; uma vez que uma parte inicial da precipitação é interceptada pela vegetação e, posteriormente, é evaporada. Assim, quando o volume total de água retido na vegetação é evaporado, a planta começa a perder umidade pela transpiração e se inicia a necessidade de retirar água do solo através das raízes (BRITTO; BAPTISTA; LIMA, 2019).

Além disso, as plantas melhoram a cobertura e a estrutura física do solo, favorecem o movimento da água, aumentam a infiltração e reduzem o escoamento superficial, o que contribui para o aumento da recarga do lençol freático; pois é o

escoamento subterrâneo que mantêm as vazões nos rios durante o período de estiagem. Assim, o aumento da infiltração da água no solo e a consequente redução do escoamento superficial, além de reduzir o processo erosivo, aumenta a disponibilidade de água em períodos mais secos (RODRIGUES; PRUSKI, 2019).

3.1.2.1 Precipitação

A precipitação pluviométrica é o processo pelo qual a água no estado de vapor condensa-se e atinge gravitacionalmente a superfície terrestre sob diferentes formas: neblina, chuva, granizo, orvalho e neve; o que diferencia estas formas de precipitação, é o estado em que a água se encontra (BETONI; TUCCI, 2007).

A quantidade de chuva é expressa pela altura da lâmina de água precipitada e acumulada sobre uma determinada superfície plana e impermeável; a qual é avaliada utilizando-se de instrumentos denominados de pluviômetros e pluviógrafos, que registram as medidas da altura desta lâmina no decorrer do tempo (RODRIGUES, 2016).

As características principais da precipitação são o volume, a duração e a distribuição temporal e espacial (BETONI; TUCCI, 2007). Desta forma, a precipitação é considerada a maior entrada de água em uma bacia hidrológica, afetando a quantidade e distribuição da água, as quais estão fortemente relacionadas à vazão gerada nos recursos hídricos (BAYER, 2014).

A precipitação pode ser dividida em três partes: a que permanece sobre a vegetação (interceptação) e evapora logo após ou durante a chuva; a que flui para o solo através de troncos ou caules das plantas (escoamento pelo tronco); e aquela que atinge diretamente o solo, contatando ou não o dossel da vegetação (precipitação interna). Dentre estas, a interceptação da chuva pela vegetação constitui um dos fatores de maior importância para o estabelecimento do balanço hídrico, devido à perda por evaporação direta da água interceptada (CONSENSA, 2012).

3.1.2.2 Interceptação da água pela vegetação

A interceptação é o primeiro processo pelo qual a água precipitada é submetida; é um dos efeitos mais significativos que a vegetação tem dentro do ciclo hidrológico, pois é caracterizada pela capacidade que essa tem de reter

temporariamente a água da chuva que incide sobre ela (PREVEDELLO, 2012; PACHECO; MAFRA, 2012); a qual retorna à atmosfera através da evaporação, tornando-se indisponível para o solo (GIGLIO; KOBAYAMA, 2013; SARI *et al.*, 2016).

Este processo é muito significativo, pois a vegetação pode reter de 10 a 50% da precipitação total incidente (TSIKO *et al.*, 2012). A quantidade de água interceptada é influenciada pela quantidade, duração e intensidade da chuva, pelo tipo da cobertura existente (uso do solo), densidade de plantas por área, clima, vento, umidade (FERRETO *et al.*, 2021) e morfologia das plantas, como a idade, copa e arquitetura (BAUMHARDT, 2014).

Lima (2008) afirma que em uma chuva de baixa intensidade, como por exemplo 5 mm.h^{-1} , quase toda a água será retida pela vegetação e evaporada diretamente; ou seja, a perda por interceptação será de 100% do total precipitado. Enquanto que em uma chuva de maior intensidade, por exemplo, 100 mm.h^{-1} , aproximadamente a mesma quantidade de chuva (5 mm) será perdida, sendo que a percentagem de perda desta última será, evidentemente, menor, ou seja, apenas 5% do total.

A quantidade de água interceptada está diretamente relacionada com a capacidade de armazenamento de água que a vegetação apresenta, sendo que em florestas temperadas, onde as chuvas normalmente apresentam baixa intensidade e são mais prolongadas, a interceptação é maior; enquanto que em regiões tropicais, onde as chuvas são mais intensas e de curta duração, a interceptação é menor (PREVEDELLO, 2012).

Para Tsiko *et al.* (2012), a interceptação da floresta é a quantidade de chuva que é armazenada e evaporada do dossel acima do solo; enquanto que a interceptação do chão é a parte da precipitação líquida que é temporariamente armazenada no solo nu, vegetação rasteira, grama ou serapilheira. Apresentando o mesmo entendimento, Schiavetti e Camargo (2002) classificam estes dois tipos de interceptação em: Perda por interceptação da copa (Ec), que refere-se a água evaporada diretamente da copa da vegetação; e Perda por interceptação da vegetação rasteira (EI), que refere-se a água evaporada da superfície do solo, incluindo a vegetação rasteira.

A classificação em termos distintos se dá, pois, as espécies arbóreas apresentam grande perda de água por transpiração e interceptação, se comparado com vegetação de menor porte (FERRETO *et al.*, 2021; REICHERT *et al.*, 2017). Assim, pode-se dizer que a interferência da vegetação para com a água, varia em

função das características das plantas, onde que as florestas de coníferas possuem maior influência, seguidas de vegetação lenhosa decídua, capoeira e pastagem, respectivamente (BAYER, 2014; NICODEMO, 2011).

Normalmente, a avaliação do total interceptado por uma vegetação, inclui apenas a avaliação da água retida nas plantas arbóreas e arbustivas, e da água escoada pelo tronco destas. Pouco se sabe como as plantas herbáceas participam da interceptação da chuva; porém, mesmo que escassas, as observações realizadas em diferentes estudos indicam que a participação destas plantas é extremamente relevante no monitoramento hidrológico, pois podem interceptar tanta água quanto as plantas lenhosas (GORDON *et al.*, 2020).

Em pastagens áridas, mais de 30% da precipitação anual pode ser perdida devido à interceptação pela vegetação; é o que foi avaliado em pradarias de grama alta, onde obteve-se valores de interceptação que variaram de 25 a 60% da precipitação total (ZOU *et al.*, 2015). Em contrapartida, Gordon *et al.* (2020) avaliaram a interceptação da precipitação em uma área de *Eupatorium capillifolium* (Lam. Dogfennel), na Geórgia (EUA), e obtiveram que esta espécie é capaz de reter 21% da precipitação total incidente.

Reichert *et al.* (2017) avaliaram como as gramíneas nativas do Bioma Pampa se portam em relação a este processo, e obtiveram valores de interceptação de 8,8% e 9,1% da precipitação total incidente para os dois anos avaliados, respectivamente. O total interceptado, de acordo com os autores deste último estudo, refere-se apenas à parte aérea da vegetação, adquirida a 10 cm acima da superfície do solo, e excluindo-se a interceptação pela serrapilheira; o que provavelmente subestimou os resultados obtidos.

3.1.2.3 Retenção de água no solo

A retenção da água é um dos processos que compõem o ciclo hidrológico, e representa a capacidade de armazenamento de água que o solo possui, baseada na relação entre a capacidade de retenção e umidade volumétrica (SILVEIRA *et al.*, 2009), assim como a disponibilidade de água e a troca desta, que ocorre entre o solo e a atmosfera (GAO; HU; LI, 2021).

A água infiltrada no solo possui movimento descendente, e esta pode ser drenada, alimentando o lençol freático e zonas abaixo da área do sistema radicular

das plantas, ou então, pode ser retida por forças de adsorção, ficando armazenada no solo (KLEIN; KLEIN, 2015).

No entanto, nem toda a água armazenada no solo encontra-se disponível para as plantas, pois à medida que o solo seca, aumenta-se a força de retenção e diminui sua disponibilidade hídrica (PREVEDELLO, 2012). Assim, a retenção da água deve-se à capacidade do solo em manter água fornecida pela precipitação, enquanto a disponibilidade desta água para as plantas, refere-se ao volume contido entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente. Ambos os processos são influenciados pela distribuição dos poros do solo, a constar os microporos, que são aqueles responsáveis pelo armazenamento da água que ficará disponível para as plantas (KLEIN; KLEIN, 2015).

Existem alguns fatores que interferem na capacidade de retenção de água de um solo, como a estrutura, textura, mineralogia (SILVEIRA *et al.*, 2009), granulometria, a área superficial específica das partículas que compõem o solo, - pois estão relacionadas ao estado de energia que a água fica retida neste ambiente - (PREVEDELLO, 2012); além destes, o teor de matéria orgânica (DAI *et al.*, 2020), raízes de plantas (GAO; HU; LI, 2021) e o manejo empregado sobre o solo também influenciam na capacidade de retenção da água (SOUZA FILHO *et al.*, 2018).

Os solos argilosos normalmente retêm mais água que os solos arenosos, pois possuem mais poros de tamanho pequeno, que são denominados de microporos. Ao contrário, os solos arenosos possuem maior quantidade de poros de tamanho grande que são os macroporos, não sendo capazes de reter água como os argilosos (PREVEDELLO, 2012; LANDSBERG; WARING, 2014); no entanto, alguns fatores tendem a aumentar a capacidade de retenção de água em solos de textura grossa, como por exemplo, o crescimento das raízes (LU *et al.*, 2020).

A matéria orgânica do solo contribui para a retenção de água em razão das cargas dependentes do pH e da área superficial específica, além de auxiliar na agregação e coesão entre as partículas do solo, tornando-o mais poroso e, conseqüentemente, aumentando a retenção de água (KLEIN; KLEIN, 2015).

As raízes das plantas, por sua vez, influenciam consideravelmente nas propriedades do solo e nos processos hidrológicos, pois podem alterar sua estrutura, principalmente através de ocupações volumétricas das raízes no espaço dos poros, assim como pela adsorção de água e pela liberação de exsudatos, os quais têm a

capacidade de interagir com o solo e aumentar sua retenção de água (LEUNG; GARG; NG, 2015; GAO; HU; LI, 2021).

Estudos realizados mostram fortes correlações positivas entre biomassa de raiz e a retenção da água no solo, pois segundo Landsberg e Sands (2011), o sistema radicular influencia na quantidade de água precipitada que fica disponível ao lençol freático, devido à relação de retroalimentação que as raízes possuem com a água do solo. Li e Pan (2018), ao analisarem a influência de *Medicago sativa* para com as características do solo, observaram que a alta densidade de raízes finas das plantas melhorou a estrutura do solo, aumentando a resistência contra erosão, além de facilitar a infiltração e retenção de água através de seu sistema radicular.

De acordo com Lu *et al.* (2020), raízes muito finas (diâmetro <1 mm) e em baixa densidade tendem a bloquear os poros do solo, mas raízes finas em alta densidade promovem o aumento do volume dos microporos; enquanto que raízes grossas (diâmetro > 2 mm) tendem a causar pequena compactação em escala, reorientação de partículas e desenvolvimento de macroporos.

A alta produção de raízes pelas espécies herbáceas é tida como uma maneira eficiente de promover sua sobrevivência, pois aumenta a superfície de contato e conseqüentemente a absorção de água e sais minerais (KUSTER, 2010; PELLANDA, 2016). Gao, Hu e Li (2021) verificaram que 80% da biomassa subterrânea de gramíneas foram distribuídas na camada de solo de 0-10 cm, na qual foi possível observar uma maior presença de mesoporos, que são classificados como poros de transmissão e fornecem permeabilidade ao ar e fluxo de água para as plantas. Assim, percebe-se que as camadas superficiais do solo possuem maior influência dos sistemas radiculares, uma vez que apresentam maior concentração de raízes mais finas (LANDSBERG; SANDS, 2011).

3.2 IMPACTOS CAUSADOS PELA ALTERAÇÃO DO USO DO SOLO

O uso das terras em áreas rurais e urbanas sofre grandes alterações devido à supressão da vegetação nativa, da renovação de culturas e impermeabilização excessiva do solo, o que impacta diretamente na vazão dos cursos de água devido à redução das áreas de infiltração das águas pluviais, amplificando e acelerando o escoamento superficial (OLIVEIRA; RODRIGUES, 2009).

O tipo de uso do solo é um dos fatores que está interligado diretamente aos recursos hídricos; uma vez que a vegetação influencia o processo de evapotranspiração, promove o amortecimento da chuva pelo dossel das árvores e favorece a infiltração de água no solo pelas raízes. Enquanto que a remoção da cobertura vegetal provoca alterações das taxas de evapotranspiração e de infiltração de água, aumentando as taxas de escoamento superficial e acelerando o processo de erosão do solo (SILVA, 2021).

As diferentes fases do ciclo hidrológico podem ser afetadas por intervenções humanas, que provocam a ocorrência de diferentes impactos em diferentes intensidades (SOUZA; SOUZA; CARDOSO, 2017). E, segundo Santos, Griebeler e Oliveira (2010, p. 2), “as modificações no uso do solo praticadas na bacia hidrográfica tendem a promover modificações no escoamento na bacia”.

Desta forma, a cobertura vegetal está relacionada à redução dos efeitos da energia cinética das gotas de chuva e ao teor de matéria orgânica disponível no solo, afetando diretamente e positivamente a estabilidade dos agregados. Ou seja, quanto maior a densidade da cobertura vegetal, menores os impactos do escoamento superficial sobre a perda de solo (VENIZIANI JUNIOR, 2018).

Assim, considerando que a estrutura dos solos e o ciclo hidrológico estão intimamente ligados, e que estes possuem uma relação direta com o equilíbrio dinâmico dos aquíferos; tornam-se preocupantes os impactos sofridos em superfície pela alteração da cobertura do solo, pois esta acarreta mudanças na dinâmica das águas subterrâneas, que são naturalmente fonte de alimentação para os lençóis freáticos (PAES, 2012).

Um estudo na bacia hidrográfica de Kangsabati na Índia, realizado por Bhattacharya, Chatterjee e Das (2020), avaliou o impacto das mudanças no uso da terra sobre a alteração da disponibilidade hídrica, e constatou-se que o uso da terra por atividades antrópicas comprometeu a recarga do lençol freático; enquanto que as áreas preservadas impactaram positivamente na recarga do mesmo.

Singh, Bhardwaj e Verma (2020) analisaram a influência das mudanças temporais no uso e cobertura da terra sobre a água do pantanal de Harike, no estado indiano de Punjab, e constataram que a expansão das terras agrícolas reduziu as áreas úmidas do pantanal, provocando uma diminuição na quantidade e qualidade da água disponível.

O mesmo foi observado por Farias *et al.* (2021), que avaliaram a relação entre o uso e ocupação do solo e a disponibilidade hídrica das bacias hidrográficas dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu, na Bahia; e constataram que a substituição das áreas de vegetação nativa por áreas antropizadas provocaram uma significativa diminuição das vazões mínimas, o que contribui para um possível déficit hídrico na bacia, uma vez que a diminuição dessas vazões pode comprometer a qualidade e quantidade de água disponível para uso.

Diante do exposto, torna-se perceptível a importância de analisar o comportamento hidrológico sob efeitos das alterações no uso e ocupação dos solos, uma vez que o gerenciamento dos recursos hídricos permite inferir sobre a disponibilidade hídrica, tornando-se uma ferramenta essencial para o estabelecimento de medidas que visam o desenvolvimento sustentável (SOUZA *et al.*, 2019).

3.3 BIOMA PAMPA

A palavra bioma significa grupo de vida (*bios* = vida e *oma* = grupo), e é utilizada para se referir e representar uma área homogênea em relação às suas características de fauna e flora, clima, pedologia e altimetria, que dispostas em escala regional são influenciadas pelos mesmos processos de formação; conferindo-lhes uma estrutura, funcionalidade e biodiversidade próprias daquela região (COUTINHO, 2006). No Brasil, é possível encontrar seis biomas diferentes, são eles: Mata Atlântica, Amazônia, Cerrado, Caatinga, Pantanal e Pampa (IBGE, 2019).

O Bioma pampa faz parte das formações campestres, caracterizadas por apresentar alta diversidade de espécies da fauna e da flora, e ocorrência abundante de pastagens. Essas últimas, são um dos tipos de vegetação natural mais extensos do planeta, os quais geralmente são limitados pela disponibilidade de água, com estrato herbáceo dominado por gramíneas, que podem estar acompanhados de espécies de vegetação lenhosa, ou não (BILENCA; MIÑARRO, 2004).

O Pampa é exclusivo da porção meridional da América do Sul e cobre uma área com cerca de 750.000 km², estendendo-se por todo o território do Uruguai, centro-leste da Argentina, sul do Brasil (ANDRADE *et al.*, 2018) e extremo sul do Paraguai (SILVA, 2017; ATAIDE, 2015). No Brasil, este bioma ocorre em um único estado da federação, o Rio Grande do Sul (Figura 2), cobrindo aproximadamente 63% da área

total desse estado e cerca de 2,3% do território brasileiro (NASCIMENTO; RIBEIRO, 2017; CAMINHA, 2019; IBGE, 2019).

Figura 2 – Localização do Bioma Pampa no Rio Grande do Sul.



Fonte: Google imagens. Disponível em: encurtador.com.br/fhQWX. Acesso em: 06 out. 2022.

Este bioma é caracterizado por ser Neotropical do tipo savana, cuja vegetação original é constituída por espécies herbáceas com o predomínio de gramíneas (SILVA, 2017). Essas são fonte de forragem e alimento para cerca de 18 milhões de animais, principalmente bovinos e ovinos, o que caracteriza a pecuária ser uma das principais atividades econômicas desenvolvida nesta região (ROESCH *et al.*, 2009).

O Pampa gaúcho é influenciado pelo relevo plano, constituído principalmente por planícies, e pela existência de um clima temperado, com verão quente, temperaturas frias no inverno e chuvas bem distribuídas ao longo de todo o ano (NASCIMENTO; RIBEIRO, 2017, p. 38).

O relevo é formado por vastas planícies e coxilhas, as quais são caracterizadas por serem unidades de relevo com cotas altimétricas que variam de 60 metros a 200 metros acima do nível médio do mar (SILVA, 2017).

Esta região é caracterizada por ser, geologicamente, a mais antiga do Rio Grande do Sul, formando o Escudo Cristalino Sul-Rio-Grandense, cujas rochas areníticas possuem de 400 a 600 milhões de anos. As rochas sedimentares que compõem esta região, são do tipo arenito, formadas pela fragmentação, desagregação e deposição de sedimentos das rochas preexistentes, possuindo baixa fertilidade, alta porosidade e permeabilidade, e elevada susceptibilidade à erosão (FIGUEIRÓ, 2011; DAMBRÓS, 2011).

O Pampa é caracterizado por ser um complexo sistema de formações vegetais ou fitofisionomias campestres que, juntamente com os campos existentes ao norte nas partes mais altas e planas do Planalto Sul-Brasileiro, e aqueles que se estendem ao sul e a oeste, através da fronteira com o Uruguai e a Argentina, compõem uma única unidade ecológica (BENCKE, 2016).

A vegetação dominante é caracterizada por prados, com arbustos esparsos e formações de árvores (ROESCH, *et al.*, 2009); podendo ser visto, o Pampa gaúcho, como um mosaico de campos nativos, matas de galeria, matas de encostas, butiazais, banhados, areais, cerros-testemunhos, serras, entre outros (WELTER, 2015; TRENTIN; TRENTIN; KRAMER, 2017).

3.3.1 Vegetação nativa do Bioma Pampa no Rio Grande do Sul

Em virtude do clima e da fertilidade dos solos, a vegetação do Pampa se constitui principalmente por gramíneas, podendo conter arbustos dispersos, sendo que em fisionomias de campos limpos, há maior presença de gramíneas, e em campos sujos há maior presença de arbustos e árvores. Assim como é possível observar a ocorrência de fisionomias florestais, que apresentam árvores de grande porte nas encostas de planaltos e próximo aos cursos d'água, constituindo as matas de galeria (NASCIMENTO; RIBEIRO, 2017).

Segundo Boldrini (2009), a estrutura vegetacional do Pampa é muito diversa, devido à amplitude de fatores, como o clima, o solo e o manejo a que esta vegetação está exposta. Assim, segundo o autor, dentro do Rio Grande do Sul os campos do Bioma Pampa classificam-se em 7 formações distintas, as quais são: “Campos de Barba-de-Bode”, “Campos Litorâneos”, “Campos do Centro do Estado”, “Campos dos Arais”, “Campos de Solos Rasos”, “Campos de Solos Profundos” e por fim “Vegetação Savanóide”.

A diversidade florística deste bioma no território gaúcho é uma das maiores do mundo, e é estimada em 2.200 espécies (BOLDRINI, 2009), sendo que dessas, 423 espécies são de gramíneas nativas (família Poaceae) que ocorrem nos campos do Pampa gaúcho; 480 são espécies campestres da família Asteraceae; 234 espécies são da família Fabaceae; e pelo menos 145 espécies da família Cyperaceae já foram identificadas. Além destas, as famílias Verbenaceae (67 espécies), Cactaceae (57), Iridaceae (57), Malvaceae (83), Apiaceae (32) também estão presentes (BENCKE, 2016; BOLDRINI; OVERBECK; TREVISAN, 2015).

O Pampa constitui uma das regiões mais ricas em gramíneas em todo o mundo (BOLDRINI, 2009), e devido ao fato de que estes campos estão localizados em uma zona de transição climática, o Pampa gaúcho possui tanto espécies de gramíneas estivais, aquelas que possuem características de clima tropical e com crescimento vegetativo no verão; assim como espécies hibernais, aquelas de clima frio e com crescimento vegetativo no inverno; além de possuir muitas espécies endêmicas, que não ocorrem em qualquer outro lugar do planeta (BENCKE, 2016).

3.3.1.1 As gramíneas

A diversidade de gramíneas existente no Pampa gaúcho só pode ser encontrada devido à fisionomia campestre existente e à alta densidade de raízes de pastagens; esta última está relacionada à estratégia de sobrevivência das plantas em busca de água e nutrientes, assim como às mudanças no clima, e até mesmo ao manejo destas áreas, uma vez que algumas plantas são mais sensíveis ao pastejo e ao fogo, e utilizam-se do crescimento radicular para sobrevivência e reprodução (BOLDRINI, 2009; FIDELIS; GLÓRIA; PFADENHAUER, 2009; ATAIDE, 2015).

As gramíneas podem ser espécies anuais ou espécies perenes, e o formato e tamanho das plantas, assim como suas folhas e inflorescências, é bem diverso. O caule das gramíneas é do tipo colmo, formado por nós e entrenós; e de cada um dos nós se origina uma folha, podendo surgir novas ramificações foliares. Suas flores são pequenas e formam inflorescências de diversos tipos no ápice do colmo, denominadas espiguetas (MARCHI; SALLÉS, 2015).

Em relação à avaliação da biomassa vegetal subterrânea das pastagens, pesquisas descreveram que as gramíneas apresentam um sistema radicular fino e muito ramificado; a maioria das plantas possui o enraizamento raso, nas quais as

maiores densidades de raízes ocorrem em profundidades inferiores a 0,20 metros (CONTE *et al.*, 2011; ATAIDE, 2015).

Na região do planalto sul-rio-grandense, onde está localizada a cidade Caçapava do Sul, a vegetação é rasteira e escassa devido às características ambientais de baixas temperaturas no inverno, e por apresentarem solos rasos e pedregosos (PACHECO, 1956). De acordo com Boldrini (2009), 28% das espécies encontradas nesta região são da família Poaceae, a qual apresenta-se com o maior número de representantes, se comparado com as demais famílias; e as espécies de gramíneas cespitosas eretas mais comuns são: as barbas-de-bode (*Aristida jubata*, *A. filifolia*, *A. spegazzini*, *A. circinalis* e *A. venustula*), *Andropogon ternatus*, *A. selloanus* e *Stipa filifolia*.

Portanto, na região da campanha, onde encontra-se a cidade de Rosário do Sul, a paisagem é caracterizada por uma planície de campo gramináceo (PACHECO, 1956), e segundo Boldrini (2009), a quantidade de gramíneas é marcante, sendo representadas por 29% das espécies existentes. As gramíneas estivais com mais alta participação são: capim-forquilha (*Paspalum notatum*), capim-caninha (*Andropogon lateralis*), cola-de-lagarto (*Coelorachis selloana*) e o capim-melador (*Paspalum dilatatum*); enquanto que entre as hibernais se destacam a flechilha (*Stipa setigera*) e o cabelo-de-porco (*Piptochaetium stipoides*).

3.4 SIMULADOR DE CHUVAS

A análise dos efeitos das chuvas em atributos do solo é difícil de ser realizada com a chuva natural, pois não se tem controle sobre a duração, intensidade, distribuição e tipo de chuva (SPOHR, 2015). E, considerando que a obtenção de dados em campo é complexa, mas de extrema importância para aquisição de informações condizentes com a realidade; a utilização de simuladores de chuva é uma alternativa que se apresenta de forma eficiente, pois permite controlar e manipular as características das chuvas, favorecendo a criação de condições semelhantes ao natural, assim como diminuir o tempo do estudo e da repetição de testes (CONFESSOR, 2019).

Os simuladores de chuva são ferramentas de pesquisa que possibilitam produzir chuvas similares às precipitações de água naturais, permitindo que a

intensidade e duração sejam ajustadas, de forma que possam reproduzir as características das precipitações da região geográfica em questão (AVILA, 2014).

Vários tipos de simuladores de chuva foram desenvolvidos no mundo desde 1930 (SANTOS, 2015), e de modo geral, os simuladores possuem dimensões variadas, pois se diferenciam no tamanho, na área afetada, no tipo e forma de chuva; sendo que para reproduzir de forma fiel as precipitações naturais de cada ambiente, deve preocupar-se com o tamanho das gotas e sua distribuição espacial, a intensidade de precipitação, ângulo de impacto da gota, assim como, com a altura do simulador, de modo que esta seja suficiente para que as gotas de água atinjam o solo na velocidade correspondente ao natural (SPOHR *et al.*, 2015; CONFESSOR, 2019).

De acordo com Alves Sobrinho *et al.* (2002), um simulador de chuvas deve atender aos seguintes requisitos: a) produzir gotas com diâmetro médio similar ao da chuva natural; b) aplicar água numa parcela com área útil medindo de 0,50 a 1,0 m², com coeficiente de uniformidade superior a 80%; c) apresentar valores da relação entre a energia cinética da chuva simulada e aquela da precipitação natural superior a 75%; e, d) simular chuvas sobre a parcela em estudo, de modo não intermitente.

Dentre as críticas existentes aos simuladores, destaca-se a dificuldade em seu manuseio devido ao tamanho, peso e manutenção; o vento que pode interferir na qualidade e realização de alguns ensaios; e a necessidade de água em demasia para a execução dos experimentos (CONFESSOR, 2019). Porém, ainda segundo o autor,

A possibilidade de replicar ensaios, velocidade de execução de testes, escolha da intensidade da chuva, tamanho de gotas, possibilidade de deslocamento a campo, controle de variáveis como vento e forma da chuva, possibilitam o uso de simuladores em várias formas de estudo, produzindo dados relevantes e confiáveis, devido ao acompanhamento das variáveis e similaridade da precipitação natural (CONFESSOR, 2019, p. 45).

No que diz respeito à utilização de simuladores de chuvas para fins de pesquisas ambientais, tem-se realizado alguns estudos nos últimos anos que abrangem o modelo chuva-deflúvio, ou método SCS-CN (CARVALHO; CONFESSOR; RODRIGUES, 2020; OLIVEIRA *et al.*, 2011); escoamento superficial nos solos (GUIMARÃES, 2013); erosão do solo (PONCIANO *et al.*, 2021); capacidade de infiltração da água no solo e outras superfícies permeáveis (REIS; COIMBRA, 2015; CASTRO, 2019). Porém, se tratando da determinação da retenção de água pela vegetação herbácea por este método, foi possível observar que existe uma escassez

de trabalhos na literatura, na qual, o único trabalho encontrado foi o de Simpson e Francis (2021).

O trabalho realizado pelos autores avaliou os impactos hidrológicos causados pela alteração de gramados vivos por gramas artificiais, sob chuva simulada; e obteve-se que a retenção de água pelas gramíneas naturais (parte aérea e subterrânea) e substrato, variaram de 26,4% a 100%; demonstrando que para menores intensidades de chuva, a vegetação foi capaz de reter toda a água precipitada sobre ela, enquanto que para intensidades mais elevadas, houve um aumento na drenagem através do substrato (SIMPSON; FRANCIS, 2021).

4 METODOLOGIA

4.1 LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

4.1.1 Município de Rosário do Sul

O município de Rosário do Sul encontra-se localizado na porção sudoeste do Estado do Rio Grande do Sul, e está inserido na Microrregião da Campanha Central (TRENTIN; TRENTIN; KRAMER, 2017). Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2021b) o município possui uma área territorial aproximada de 4.343 km² e uma população total estimada de 39.210 habitantes.

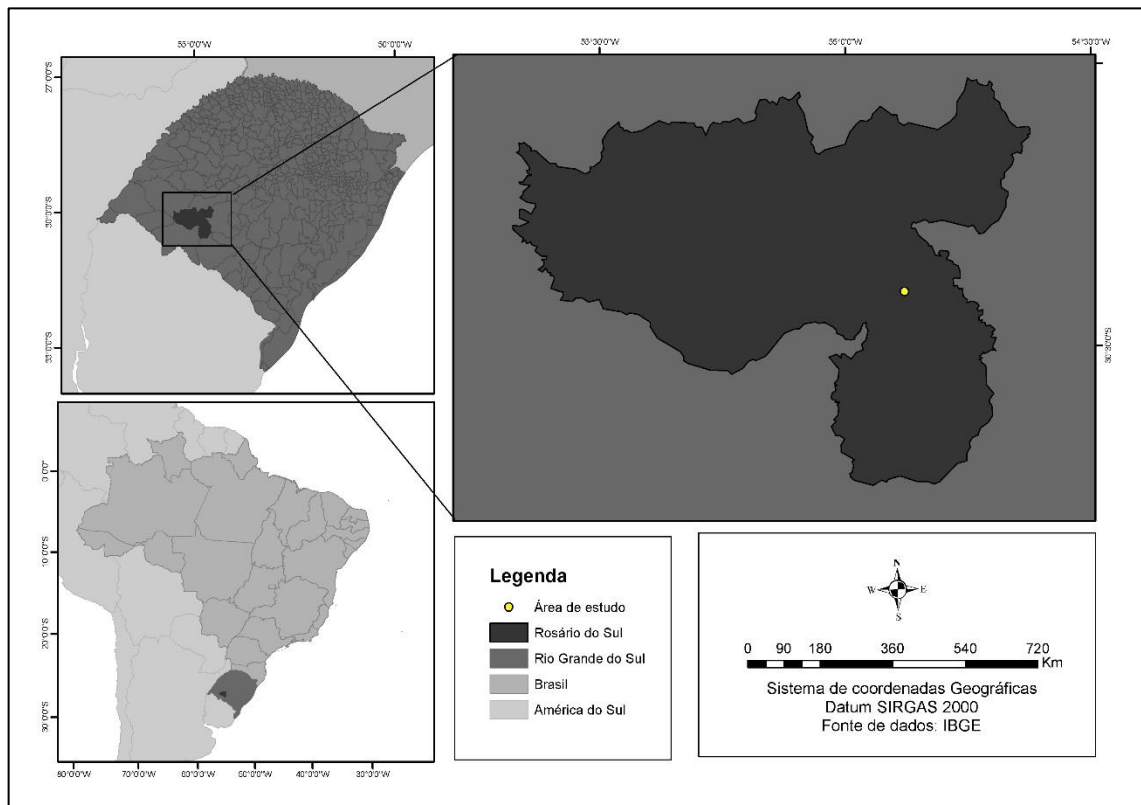
Rosário do Sul encontra-se a uma distância de aproximadamente 386 km da capital do estado, Porto Alegre; e possui limites com os municípios: Alegrete, a noroeste; Cacequi, ao norte; Dom Pedrito, ao sul; Quaraí, a oeste; Santana do Livramento, a sudoeste e São Gabriel, a leste (DIAS; TRENTIN, 2018).

4.1.1.1 Área de realização dos testes

Os ensaios realizados em Rosário do Sul foram feitos em novembro de 2014, e deram-se em uma área localizada sobre a bacia hidrográfica do Rio Santa Maria, que sempre apresentou cobertura de pastagem nativa, ou seja, nunca antes foi utilizada para lavoura.

Esta área de estudo está inserida nas coordenadas geográficas de latitude 30°23'34,8"S e longitude 54°53'45,8"W, localizada próxima à uma área de pesquisas da Universidade Federal de Santa Maria. A área de estudo encontra-se na porção leste do município (Figura 3), em região com vegetação nativa típica do Bioma Pampa, a qual é mantida sob regime de pastejo de bovinos.

Figura 3 - Localização do município de Rosário do Sul e da área de estudo.



Fonte: Aatoria, 2022.

4.1.1.2 Clima

O clima da região, de acordo com a classificação climática de Köppen, é do tipo Cfa, subtropical úmido, com verão quente e temperatura média anual é 18,6 °C (ALVARES *et al.*, 2013), podendo apresentar geadas e temperaturas negativas nas estações de outono e inverno; apresenta ainda, uma precipitação anual que varia entre 1500 a 1600 mm, com chuvas bem distribuídas ao longo do ano (MATZENAUER; RADIN; ALMEIDA, 2011).

4.1.1.3 Relevo

O município de Rosário do Sul apresenta uma grande diversidade de formas de relevo, com predomínio das áreas planas e de colinas suaves, cuja declividade pode chegar até 15%; sendo as áreas de morros e morrotes isolados, restritas à serra do Caverá (DIAS; TRENTIN, 2018).

Embora esteja muito próximo ao Escudo Sul-rio-grandense, o relevo do município é suave, formado de coxilhas amplas e pouco convexas, o que facilita a formação e permanência de solos não muito profundos (STRECK *et al.*, 2008). De acordo com Dias e Trentin (2018), a área em estudo está localizada nas unidades de colinas onduladas, as quais ocorrem principalmente nas altitudes entre 120 e 220 metros, podendo em alguns pontos atingir a marca dos 250 metros.

4.1.1.4 Solos

As litologias encontradas no município de Rosário do Sul, principalmente nas áreas de colinas onduladas, são compostas por rochas vulcânicas e sedimentares, apresentando uma grande diversidade com relação a distribuição (DIAS; TRENTIN, 2018). A formação do solo da área de estudo ocorreu a partir da deposição lacustre de siltitos e arenitos; apresentando boa capacidade de retenção de água e suscetibilidade à erosão moderada a forte (REINERT *et al.*, 2007).

A área da pesquisa está situada sobre um solo medianamente profundo, caracterizado por ser um Argissolo Bruno Acinzentado Alítico em transição para os Planossolos da Depressão Central característico da bacia do Rio Santa Maria (STRECK *et al.*, 2008).

De acordo com o estudo realizado por Avila (2014), o solo desta área possui elevado teor de areia na camada superficial (81%) e uma estrutura bastante frágil; tornando mais fácil o trabalho de retirada de leivas de campo nativo quando comparado a solos com maiores teores de argila.

4.1.1.5 Caracterização da vegetação

Esta região caracteriza-se, principalmente, pelo desenvolvimento da pecuária e agricultura, apresentando paisagens típicas da fronteira gaúcha (DIAS; TRENTIN; ROBAINA, 2019).

Entre as espécies vegetais que formam as pastagens naturais, o grupo de maior diversidade e maior contribuição para a biomassa aérea são as gramíneas (QUADROS *et al.*, 2006); mas há também a presença de matas ciliares ao longo da rede hidrográfica, as quais possuem composição variada de elementos e dimensões (DIAS; AIMON; PONTES, 2020).

As áreas de campo podem ser divididas em campos mistos e grossos, os quais se caracterizam por possuir uma cobertura vegetal de 60% ocupada pelas espécies *Paspalum notatum* (grama forquilha) e *Aristida pallens* (barba de bode), e leguminosas como as dos gêneros *Desmodium* e *Phaseolus* (REINERT *et al.*, 2007). Já nas áreas de campo nativo com pecuária, a família Poaceae é a mais representativa, seguida das famílias botânicas Asteraceae, Apiaceae, Fabaceae e Cyperaceae (GRACIOLI, 2010; ANDRIOLLO, 2015).

A área utilizada para realização do trabalho é mantida sob pastejo contínuo por bovinos, cuja vegetação típica do local é de maior palatabilidade aos animais, sendo mantida em um porte baixo que não ultrapassa os 5 cm de altura.

4.1.2 Município de Caçapava do Sul

O município de Caçapava do Sul encontra-se localizado na microrregião Serras do Sudeste, a uma altitude de aproximadamente 400 metros acima do nível do mar. A economia do município tem como base a agricultura, pecuária, silvicultura e mineração, que se destaca por ser responsável por 80% do calcário comercializado no Rio Grande do Sul (NUNES *et al.*, 2013).

Segundo IBGE (2021a), o município possui uma população estimada de 33.476 habitantes, e uma unidade territorial de aproximadamente 3.047 Km², estando cerca de 260 km distante de Porto Alegre, capital do estado. Caçapava do Sul faz limite com os municípios de São Sepé, ao norte; Cachoeira do Sul, a nordeste; Santana da Boa Vista, a leste; Pinheiro Machado, ao sul; Bagé, a sudoeste; e Lavras do Sul, a oeste.

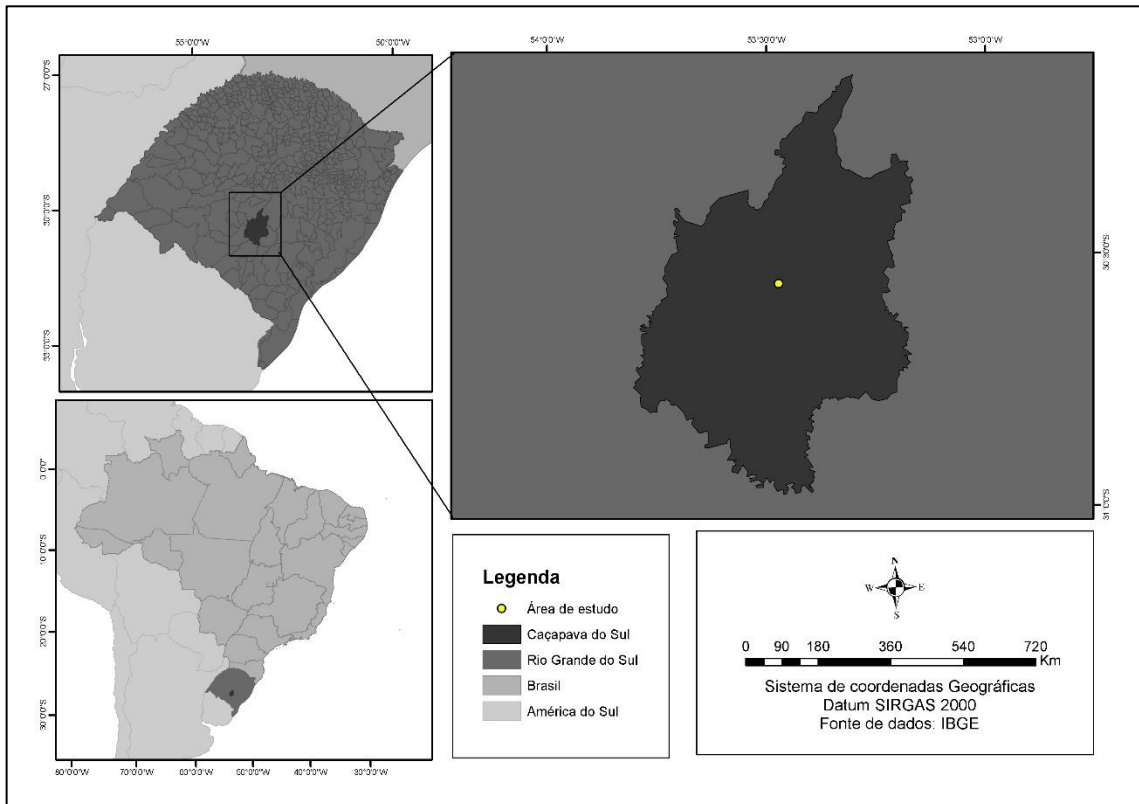
4.1.2.1 Área de realização dos testes

Os ensaios realizados em Caçapava do Sul foram realizados em novembro de 2021, e deram-se na propriedade do Sr. Ricardo Figueiredo de Almeida, localizada sob as coordenadas geográficas de latitude 30°33'01,1"S e longitude 53°29'00,2"W, a qual está inserida na bacia hidrográfica do Rio Camaquã e apresenta uma área de aproximadamente 10 hectares.

É uma área de campo nativo, localizada na porção central do município (Figura 4), e aproximadamente 170 Km distante da outra área em que foram coletadas amostras para realização dos testes de simulação de chuva, em Rosário do Sul. Sua

vegetação é mantida sob regime de pastejo de bovinos e caprinos, e apresenta solo arenoso com maiores índices de materiais sólidos de partículas menores (silte/argila), se comparado à outra área de estudos.

Figura 4 - Localização do município de Caçapava do Sul e da área de estudo.



Fonte: Aatoria, 2022.

4.1.2.2 Clima

O clima, segundo a classificação de Köppen é do tipo (Cfb) para as partes mais elevadas da região climática Serra do Sudeste e (Cfa) nas partes mais baixas. O verão é morno e úmido, e o inverno normalmente apresenta-se com clima fresco, sendo a temperatura média anual de aproximadamente 18°C (MATZENAUER; RADIN; ALMEIDA, 2011). A precipitação anual varia entre 1670 mm (NUNES *et al.*, 2013) e 1727 mm, com chuvas bem distribuídas ao longo do ano (MATZENAUER; RADIN; ALMEIDA, 2011).

4.1.2.3 Relevô

O relevô desta região é ondulado, e apresenta uma elevada heterogeneidade geomorfológica, onde os afloramentos rochosos são considerados elementos marcantes na paisagem de campos naturais (CARNEIRO *et al.*, 2016). Há o predomínio de paisagens com declividades acentuadas, podendo variar de 250 a 450 metros; o que confere à estas áreas, características de serras (BUGIN, 2014).

4.1.2.4 Solos

Geologicamente, esta região é caracterizada por ser a litologia mais antiga do estado do Rio Grande do Sul, e é denominada de Escudo Cristalino Sul-rio-grandense. Além de serem antigas, essas rochas são geologicamente complexas, pois são constituídas principalmente por granitos, em associação com rochas metamórficas, desenvolvidos sobre uma matriz arenítica (SOUZA; BORBA, 2021).

A litologia predominante no município é granítica, possuindo grandes perturbações, como falhas e dobramentos (PEREIRA, 2016); além disso, segundo Souza e Borba (2021), também ocorrem arenitos, arenitos com seixos e blocos, siltitos e conglomerados, de coloração avermelhada (CARNEIRO *et al.*, 2016).

Os solos de Caçapava do Sul são, no geral, rasos e muito pedregosos (CARNEIRO *et al.*, 2016); e devido à diversidade geológica presente no município, os tipos de solos existentes também são diversos, sendo os mais expressivos Neossolos Reglíticos e Litólicos associados a relevos ondulados a forte ondulados. Existem também outros tipos de solos, tais como Luvisolos, Planosolos, Chernossolos e Argissolos, porém com menor distribuição (STRECK *et al.*, 2008).

4.1.2.5 Caracterização da vegetação

O município de Caçapava do Sul apresenta uma paisagem que se caracteriza por serras e morros graníticos revestidos por vegetação de Campos arbustivos, com predomínio de áreas campestres, características do bioma Pampa, contendo fitofisionomias de porte herbáceo-arbustivo (NUNES *et al.*, 2013) e arbóreo, sendo as florestas mais desenvolvidas nas áreas ciliares, próximas de rios (PEREIRA, 2016).

Muitas espécies da flora local são endêmicas, sendo que algumas estão ameaçadas de extinção; estas possuem ocorrências reduzidas e isoladas nas reentrâncias e saliências das encostas, sobre as elevações mais íngremes, ou no topo dos cerros (SOUZA; BORBA, 2021).

Os campos podem se apresentar em duas categorias diferentes: campos limpos, sem componentes lenhosos; e campos sujos, com arbustos e subarbustos (PEREIRA, 2016); sendo as espécies de gramíneas cespitosas de maior ocorrência: as barbas-de-bode (*Aristida jubata*, *A. filifolia*, *A. spegazzini*, *A. circinalis* e *A. venustula*), *Andropogon ternatus*, *A. selloanus* e *Stipa filifolia* (BOLDRINI, 2009).

4.2 SIMULAÇÕES DE CHUVA

4.2.1 Determinação da declividade da área

A determinação da declividade da área de estudos fez-se essencial, tendo em vista que as amostras utilizadas no simulador foram alocadas considerando a inclinação do terreno local, visando que as condições de campo fossem recriadas o mais semelhante possível à realidade. Para isso, a declividade no local de experimentação do município de Rosário do Sul foi determinada em cinco locais diferentes, utilizando-se de um nível de mangueira (Figura 5).

Este método consiste em avaliar a declividade de um terreno através do desnível provocado na água presente dentro de uma mangueira transparente. Para isso, é necessário fixar duas estacas ao solo, e determinar a altura de referência das mesmas. Após deve-se utilizar da mangueira com água, na qual, em uma das extremidades o nível da água deve ser equivalente à altura de referência (H_r) das estacas, e na outra extremidade, a altura do nível (H_n) da água é medido. Para determinar o desnível do solo deve-se subtrair a altura do nível da água, da altura de referência das estacas.

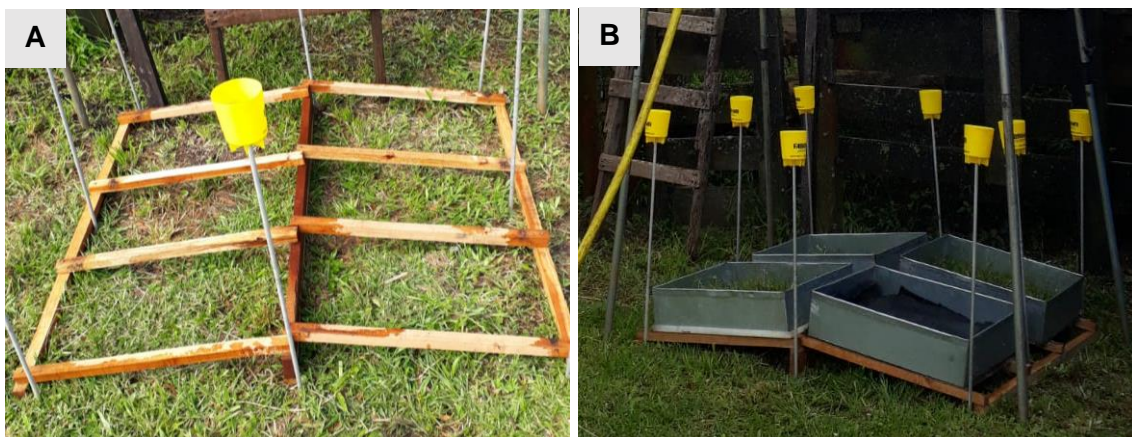
Figura 5 - Utilização do nível de mangueira para determinação da declividade.



Fonte: Acervo do Laboratório de Hidrologia UFSM/FW, 2014.

Posteriormente à determinação da declividade da área em Rosário do Sul, confeccionou-se um estrado de madeira (Figura 6) com inclinação de 13%, para representar a disposição do solo obtida em campo, com capacidade para alocação das bandejas com amostras sobre o simulador de chuvas. Como a inclinação do terreno do local de coleta de amostras em Caçapava do Sul era muito similar àquela obtida em Rosário do Sul, a declividade da bancada permaneceu em 13% para todos os testes realizados, em ambas as áreas.

Figura 6 - Detalhe do estrado de madeira que representa a declividade real do terreno (A) e disposição inclinada das amostras (B).



Fonte: Autoria, 2021.

4.2.2 Extração das leivas de campo nativo

Para determinação do volume de água retido pela vegetação herbácea do bioma Pampa, foram coletadas um total de 80 amostras, das quais, 40 amostras foram obtidas na área de teste localizada no município de Rosário do Sul e 40 em Caçapava do Sul. Destas 40, 30 amostras eram compostas por leiva (vegetação + solo) e as outras 10 eram testemunhas, ou seja, não continham vegetação, somente solo.

Os locais de amostragem foram selecionados ao acaso, dentro de cada uma das áreas dos municípios em questão, de modo que, cada conjunto amostral de teste era composto por três amostras de leiva e uma amostra testemunha, as quais eram obtidas a partir do mesmo local de amostragem.

As amostras retiradas do campo, continham aproximadamente 3 a 5 cm de profundidade (espessura) com as dimensões de 50 cm de comprimento e 40 cm de largura. Utilizando-se de caixas (bandejas) metálicas com fundo removível (Figura 7) nas medidas especificadas, alocou-se as laterais destas no solo para que as dimensões da leiva pudessem ser demarcadas e cortadas. Após cortar o emaranhado de gramíneas existentes nos locais dimensionados pelas laterais das bandejas, a profundidade das amostras foi serrada, para que, em seguida, o fundo da bandeja fosse inserido na mesma, obtendo-se assim as amostras de leiva, com sua estrutura preservada.

As amostras testemunhas foram extraídas em uma camada imediatamente abaixo do local onde foram coletadas as leivas com vegetação, utilizando-se da mesma metodologia, no entanto, coletando-se apenas solo. Após a obtenção de todas as amostras, estas foram pesadas em balança eletrônica com precisão de 5 gramas (para aquelas obtidas em Rosário do Sul) e em balança de gancho digital (para aquelas obtidas em Caçapava do Sul).

Figura 7 - Sequência de extração das leivas contendo vegetação (A até E) e da leiva testemunha (F).



Fonte: Acervo do Laboratório de Hidrologia UFSM/FW, 2014.

*(A) Alocação da bandeja sobre a área a ser amostrada; (B) Corte e inserção da bandeja aos 5 cm de profundidade; (C) Corte em profundidade da amostra; (D) Inserção do fundo removível da bandeja; (E) Retirada da amostra de leiva com sua estrutura preservada; (F) Retirada da amostra testemunha com sua estrutura preservada.

4.2.3 Simulador de chuvas

O simulador de chuva consiste de uma estrutura retangular metálica, com quatro pernas reguláveis à uma altura de até 2,90 m sobre a superfície do solo. No centro da armação há um bico aspersor tipo Veejet, 80.100 (*Spraying Systems Company*) que oscila movido por um braço mecânico acionado por um motor de 12

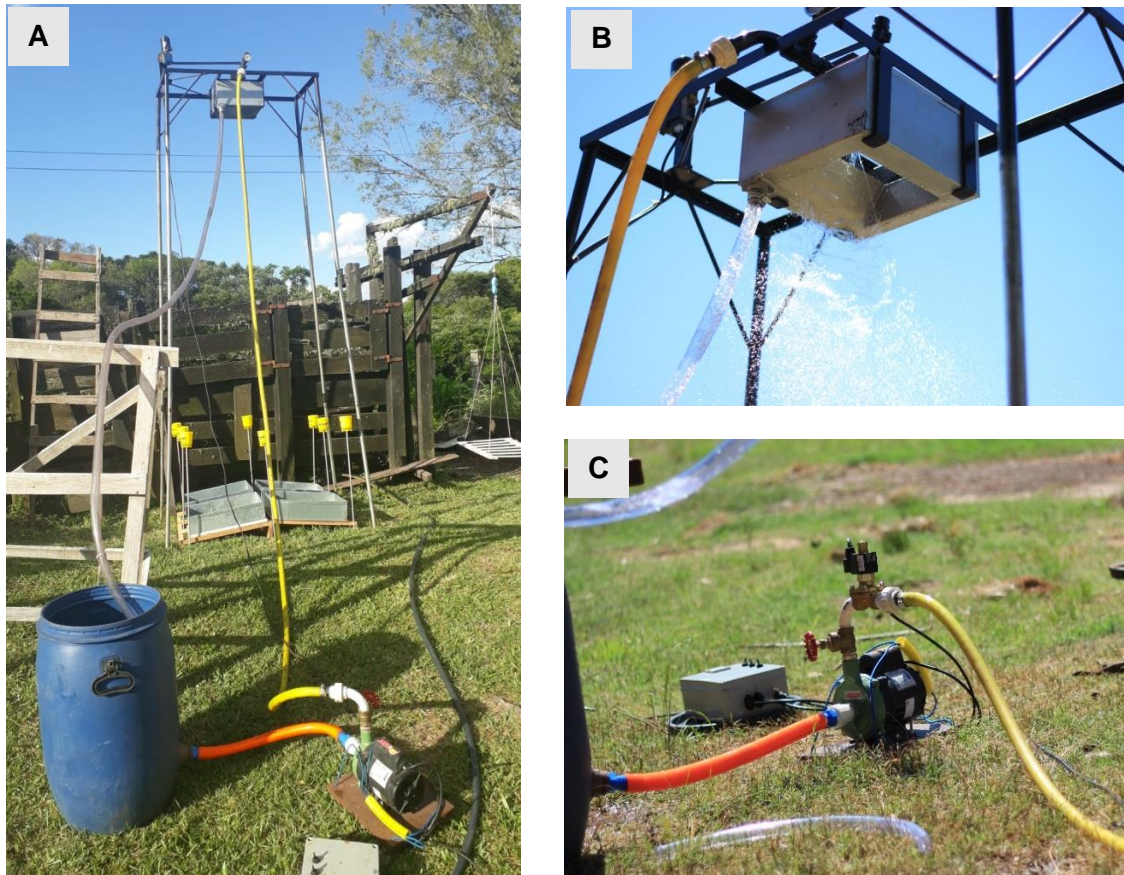
volts, a uma frequência de 24 ou 48 oscilações por minuto e abrange uma área de aproximadamente 1,0 m x 1,2 m, quando em funcionamento (Figura 8).

A intensidade de chuva é controlada por uma válvula solenoide acionada por um temporizador digital cíclico; e a relação entre o tempo de abertura e fechamento da válvula solenoide permite simular chuvas que variam de 63 a 106 mm.h⁻¹.

A água utilizada pelo simulador de chuvas é contida em um reservatório com capacidade para 70 litros, do qual a água é conduzida até o bico aspersor por uma mangueira flexível de ¾" de diâmetro e uma motobomba de ½ cv de potência. A pressão é mantida constante em 0,3 kgf.cm⁻² e seu controle é feito a partir de um manômetro glicerinado para baixas pressões, instalado na tubulação de água próximo ao bico aspersor.

O coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), o Coeficiente de Uniformidade Estatístico (CUE) e a Uniformidade de distribuição (UD) do simulador de chuvas são superiores a 80%, 75% e 71%, respectivamente, conforme calibração e validação realizada por Spohr *et al.* (2015). A relação entre a chuva produzida pelo simulador e a chuva natural ultrapassa os 84% segundo metodologia proposta por Alves Sobrinho *et al.* (2002).

Figura 8 - Detalhe da estrutura do simulador de chuvas (A); do bico aspersor (B) e da motobomba utilizada (C).



Fonte: Autoria, 2021 (A); Acervo do Laboratório de Hidrologia UFSM/FW, 2014 (B e C).

4.2.4 Testes com chuva simulada

Para a realização dos testes com chuva simulada, as amostras foram colocadas sobre um estrado de madeira com declividade de 13% para simular as condições reais de campo, onde as amostras testemunhas (sem vegetação) foram cobertas com uma tela dupla de sombreamento de 50% (sombrite) para evitar o selamento superficial do solo causado pelo impacto direto da gota de chuva.

No total, foram realizados 20 testes com chuvas simuladas (10 para cada uma das áreas de estudo), e em cada um destes, utilizou-se três amostras com vegetação e uma amostra testemunha. A lâmina de chuva incidente em cada teste foi determinada utilizando-se 8 copos coletores de água, do tipo pluviômetros, com área de captação de 50,26 cm², instalados sob a área de abrangência do simulador, entre as bandejas (Figura 9).

Figura 9 - Disposição e alocação dos copos coletores sob o simulador.



Fonte: Aatoria, 2021.

A chuva simulada foi aplicada durante 10 minutos a uma intensidade de aproximadamente 100 mm.h^{-1} , simulando uma pancada de chuva forte. Esta intensidade utilizada foi escolhida, uma vez que nesta, o simulador conseguia fazer com que as características da chuva fossem as mais semelhantes das chuvas naturais. Quanto ao tempo de aplicação, fixou-se em 10 minutos pois foi possível observar que neste período todo o solo das amostras ficava saturado e um filete contínuo de água escoava na parte mais baixa da bandeja.

Após a realização de cada teste com chuva simulada aguardava-se aproximadamente 5 minutos até cessar o escoamento da água na parte de baixo da bandeja, para então realizar novamente a pesagem das amostras.

A diferença entre a massa antes e após a aplicação da chuva simulada resultou na massa de água retida nas amostras testemunhas, que continham somente solo. O cálculo do conteúdo gravimétrico de água contida nas amostras testemunhas foi realizado utilizando a Equação 1, onde U_g é o conteúdo gravimétrico de água contido na amostra em percentual (%) de massa, M_s é a massa da amostra antes a aplicação da chuva (g) e M_u é a massa após a chuva (g).

$$Ug = \frac{Mu - Ms}{Ms} * 100 \quad (1)$$

Obtido o conteúdo gravimétrico das amostras testemunhas, utilizou-se o percentual médio destes para estimar a massa de água que foi retida apenas pelo solo das amostras de leivas (vegetação + solo). Para isso, descontou-se a biomassa turgida da vegetação, da massa total de cada uma das amostras de leiva antes da aplicação da chuva, e multiplicou-se o resultado obtido pelo percentual médio do conteúdo gravimétrico das amostras testemunhas, calculado anteriormente.

Assim, sabendo a quantidade de água retida por toda a amostra de leiva, que foi obtida através da diferença entre a massa antes e após a aplicação da chuva simulada; e também, sabendo a quantidade de água retida apenas pelo solo destas amostras, é possível obter-se a massa de água retida apenas pela vegetação, por meio da diferença entre estas variáveis. Ou seja, a diferença obtida entre a massa de água total cativa pela amostra e a quantidade de água estimada retida pelo solo, resultou no conteúdo volumétrico retido pela vegetação, o qual foi convertido em lâmina de água a partir do conhecimento das dimensões da leiva.

A Equação 2 expressa o cálculo realizado para obtenção do conteúdo de água retido, onde Ma é a massa de água retida pela vegetação em gramas (g); Msv é a massa da amostra com vegetação antes da aplicação da chuva (g); Muv é a massa da amostra após a chuva (g); Bt é a biomassa turgida da vegetação (g) e MUg é o percentual médio da umidade gravimétrica do solo (%).

$$Ma = (Muv - Msv) - ((Msv - Bt) * MUg) \quad (2)$$

4.2.5 Biomassa de campo nativo

A determinação da biomassa de campo nativo contida nas leivas foi realizada utilizando-se 5 amostras (totalizando 1 m²) para cada área de testes, as quais foram destorroadas e lavadas em água corrente até todo o solo ser removido (Figuras 10 e 11).

Em Rosário do Sul, a vegetação obtida para análise da biomassa foi pesada ainda túrgida, e posteriormente foi submetida à secagem em estufa de circulação forçada à uma temperatura de 65 °C, até obter-se peso constante; na qual verificou-se que a vegetação túrgida apresentou o dobro da sua massa seca.

No entanto, para a vegetação obtida em Caçapava do Sul, não realizou-se sua pesagem ainda túrgida, sendo esta ação realizada somente após ter sido submetida à secagem em condições iguais às descritas acima. Desta forma, para fins de realização dos cálculos para a área de estudos de Caçapava do Sul, considerou-se que a massa da vegetação túrgida é o dobro da massa seca da mesma; uma vez que verificou-se a existência desta relação (2 x1) entre a massa túrgida e a massa seca, na vegetação obtida em Rosário do Sul.

Figura 10 - Características da parte inferior de uma leiva após a lavagem do solo, em 2014 no município de Rosário do Sul.



Fonte: Acervo do Laboratório de Hidrologia UFSM/FW, 2014.

Figura 11 - Características da parte inferior de uma leiva após a lavagem do solo, em 2021 no município de Caçapava do Sul.



Fonte: Aatoria, 2021.

A análise da biomassa seca foi realizada a fim de se verificar o quanto a alta concentração de elementos vegetais pode influenciar na quantidade de água retida pela vegetação herbácea, uma vez que tem-se a atuação da parte aérea e também da parte radicular das plantas.

4.2.6 Dados pluviométricos

Os dados de precipitação pluviométrica foram obtidos por meio do Portal HydroWeb, uma ferramenta da Agência Nacional de Águas – ANA, que disponibiliza dados de séries históricas de precipitação, vazão e qualidade da água de rios existentes no Brasil. Através desta ferramenta, foi possível obter dados diários da precipitação ocorrida nas áreas de interesse, por um período de 5 anos consecutivos.

Para ambas as áreas em que realizou-se os testes de chuva simulada, utilizou-se os dados das estações pluviométricas mais próximas. Assim, para o município de Rosário do Sul, a estação consultada foi a 03054007, localizada a aproximadamente 16 quilômetros da área de coleta das amostras, onde utilizou-se os dados obtidos pelo período de janeiro de 2004 a dezembro de 2008; enquanto para a área de Caçapava do Sul, a estação consultada foi 03053022, localizada a aproximadamente 3,5

quilômetros da área de estudo, utilizando-se os dados obtidos entre janeiro de 2011 a dezembro de 2015.

A diferença entre os anos em que se utilizou os dados de precipitação para as duas áreas, se deu, devido às falhas existentes nos dados das estações consultadas; uma vez que o período de 5 anos analisados deveria apresentar dados completos de leituras diárias.

Para os eventos que possuíam uma sequência de dois dias ou mais de ocorrência de chuva, considerou-se a retenção para apenas um dia, uma vez que, com a maior quantidade de água precipitada em períodos mais longos, há a saturação da parte aérea da vegetação e também do solo (RODRIGUES *et al.*, 2015).

Assim, tendo-se determinado o número de dias de chuva em que houve retenção, os mesmos foram multiplicados pela lâmina de água retida na vegetação, obtida pelos testes de simulação de chuva; e então, o percentual de água retido pela vegetação do Bioma Pampa foi estimado, para as áreas de teste em Rosário do Sul e Caçapava do Sul, considerando o total precipitado para os respectivos anos,

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 SIMULAÇÕES DE CHUVA

A chuva simulada aplicada sobre as amostras variou pouco entre os testes, apresentando um coeficiente de variação de 6,9% e um desvio padrão de apenas 1,2 mm, para aqueles realizados em 2014, no município de Rosário do Sul (Tabela 1); e, coeficiente de variação de 4,4% e desvio padrão de apenas 0,8 mm para os testes realizados em 2021, no município de Caçapava do Sul (Tabela 2). As pequenas variações registradas na aplicação da chuva estão associadas às oscilações que podem ter ocorrido na pressão da água e à ocorrência de vento nos dias de realização das análises, porém, seu efeito foi minimizado com a utilização de quebra-vento realizado com uma lona de *nylon*.

Tabela 1 - Resultado do conteúdo gravimétrico do solo (Ug), da massa e lâmina de água retida pela vegetação, durante os testes realizados com chuva simulada em Rosário do Sul.

Teste	Chuva (mm)	Ug no solo (%)	Lâmina retida na vegetação (mm)*
1	18,7	8,4	1,5
2	18,0	9,4	2,3
3	19,1	8,6	1,4
4	17,4	10,2	3,5
5	17,3	10,3	4,2
6	16,4	19,7	6,9
7	15,8	8,7	6,1
8	16,5	12,0	4,6
9	15,3	6,8	4,6
10	16,8	8,3	3,9
Média	17,1	10,2	3,9
DP	1,2	3,4	1,7
CV	6,9%	33,4%	43,9%

* Média das três repetições; DP = desvio padrão; CV = coeficiente de variação.

Fonte: Aatoria, 2022.

Tabela 2 - Resultado do conteúdo gravimétrico do solo (Ug), da massa e lâmina de água retida pela vegetação, durante os testes realizados com chuva simulada em Caçapava do Sul.

Teste	Chuva (mm)	Ug no solo (%)	Lâmina retida na vegetação (mm)*
11	16,8	20,0	2,4
12	19,2	18,4	0,0
13	18,6	18,6	1,7
14	16,8	18,8	3,3
15	17,3	24,7	3,5
16	18,3	10,6	0,7
17	18,3	22,0	1,2
18	17,5	16,5	3,2
19	17,5	23,2	0,4
20	17,1	23,5	0,3
Média	17,7	19,6	1,7
DP	0,8	3,9	1,3
CV	4,4%	20,0%	75,9%

* Média das três repetições; DP = desvio padrão; CV = coeficiente de variação.

Fonte: Aatoria, 2022.

A umidade gravimétrica do solo nas amostras testemunhas variou de 6,8 a 19,7%, para os testes realizados em 2014; enquanto para os testes realizados em 2021, a umidade gravimétrica do solo variou de 10,6 a 23,5%, podendo-se observar valores mais elevados para o solo de Caçapava do Sul, se comparado com aqueles obtidos para o solo de Rosário do Sul.

Essas diferenças observadas provavelmente são influenciadas pelas características dos solos, uma vez que ambos eram visivelmente diferentes entre si. Em Rosário do Sul o solo era mais arenoso, o que explica a menor capacidade de retenção de água por este, se comparado com o solo de Caçapava do Sul, o qual aparentava possuir maiores teores de silte/argila, apresentando maior microporosidade e, conseqüentemente, maior capacidade de armazenamento de água, pois esta é fortemente retida pelos sólidos do solo que compõem estes poros menores (BUSKE, 2013).

A lâmina de água retida na vegetação em Rosário do Sul, variou de 1,4 a 6,9 mm com um desvio padrão de 1,7 mm e coeficiente de variação de 43,9%. Já, quanto à lâmina de água retida pela vegetação, estimada para Caçapava do Sul, teve-se uma amplitude de variação entre os testes de 0,0 a 3,5 mm, e em concomitância, o desvio padrão (1,3 mm) e o coeficiente de variação (75,9%) também foram elevados;

apresentando uma variabilidade muito alta dos dados de retenção em relação à média (GARCIA, 1989), para ambas as áreas estudadas.

Para uma vegetação em que a parte aérea é relativamente reduzida, uma vez que o campo nativo é mantido sob pastejo, estes valores encontrados para lâmina de água retida poderiam ser considerados elevados, tendo em vista o disposto na literatura. Entretanto, a metodologia foi idealizada considerando-se as plantas existentes em uma leiva com 3 a 5 cm de profundidade, que além da parte aérea da vegetação, possui uma elevada densidade de raízes na qual a água também fica retida.

Desta forma, os valores de retenção de água encontrados podem ter sido influenciados pela quantidade, tipo de biomassa (parte aérea e raízes) e composição florística, uma vez que estas estão sujeitas a variações entre as áreas e dentro da mesma área, ainda que as amostras tenham sido coletadas próximas umas das outras. A diferença existente entre a espessura das amostras coletadas também pode ter influenciado em tais variações, pois a quantidade de biomassa radicular também varia conforme a profundidade.

De acordo com Ataíde (2015), do total de biomassa subterrânea observado nos indivíduos herbáceos, cerca de 73% concentra-se numa camada de 10 cm abaixo da superfície do solo, sendo que a densidade de raízes é muito elevada na camada mais superficial. Deste modo, percebe-se a influência de tal variável, pois, havendo variações na espessura das amostras, haverá variações na quantidade de água retida pelas mesmas.

No presente estudo foi possível observar que o campo nativo de Rosário do Sul apresentou uma biomassa seca conjunta, de parte aérea e raízes, de 1.480 g.m^{-2} ($14.800 \text{ kg.ha}^{-1}$); enquanto que em Caçapava do Sul, a biomassa encontrada foi superior, apresentando 2.160 g.m^{-2} ($21.600 \text{ kg.ha}^{-1}$).

A alta taxa de biomassa encontrada neste estudo, provavelmente se deu, devido à plena atividade vegetativa das plantas, uma vez que as análises foram realizadas na primavera; assim como afirmado por Baumhardt (2014), a biomassa pode variar ao longo do ano, sendo nos meses de primavera e outono que a vegetação apresenta maior quantidade de material vegetal, o que, conseqüentemente, aumentaria a interceptação por esta.

Por se tratar de áreas sob influência de pastejo, a parte aérea do campo nativo normalmente apresenta biomassa menor se comparada com a radicular. Tal fato foi

afirmado pelo estudo realizado por Tentardini (2015), que ao observar a biomassa total produzida por espécies herbáceas, verificou que em média, 80% encontra-se concentrada na parte subterrânea das plantas.

Ataide (2015) também avaliou a biomassa de campos naturais sob pastejo contínuo no Rio Grande do Sul, e obteve valores de biomassa de raízes que variaram de 671,0 g.m⁻² a 1.618 g.m⁻². Em contrapartida, Góes *et al.* (2021), avaliaram a parte aérea vegetal em uma área de campo nativo pastejado, e encontraram valores de 5.297 kg.ha⁻¹ no inverno e 4.316 kg.ha⁻¹ no verão. Gracioli (2010), também encontrou valores semelhantes, sendo 4.256 kg.ha⁻¹ de parte aérea de vegetação campestre em área com pecuária, no estado do Rio Grande do Sul.

Assim, considerando os valores encontrados na literatura citada acima, observa-se que as características de desenvolvimento da pastagem analisada no presente estudo foram semelhantes às encontradas pelos demais autores; pois apresentou uma biomassa aérea mais esparsa devido ao pastoreio contínuo na área, e uma densidade de raízes muito alta nas camadas superficiais do solo (3 a 5 cm), a qual expressou grande influência na proporção de material vegetal existente. Enquanto nas amostras testemunhas retiradas entre 5 a 10 cm de profundidade, foi possível observar uma densidade de biomassa de raízes muito mais escassa, conforme sugerido por Ataide (2015).

Desta forma, considerando que as características da vegetação em estudo são semelhantes às aquelas observadas por demais autores e considerando as estimativas realizadas com a presente metodologia; obteve-se valores médios de lâmina de água retida pela vegetação de 3,9 mm em Rosário do Sul e 1,7 mm em Caçapava do Sul, para as simulações de chuva realizadas.

Entende-se, que apesar desta última área em estudo ter apresentado uma retenção mais baixa, esse valor não deve ser negligenciado pois, mesmo que pequeno, possui grande importância nos processos que ocorrem no sistema como um todo, uma vez que a quantidade de água retida entre a parte aérea e o sistema radicular do campo nativo fica diretamente disponível para as plantas ou retorna ao ciclo hidrológico por meio da evaporação, não contribuindo para o abastecimento do lençol freático.

Quanto ao percentual de água retido pela parte aérea e radicular da vegetação durante os testes de simulação, os valores chegaram a 22,8 e 9,6% do total incidente sobre as amostras, no ano de 2014 e 2021, respectivamente.

Baumhardt (2010) citou em seu trabalho que a literatura aponta um valor médio mensal de 7,5% de interceptação pela vegetação herbácea do campo nativo; entretanto, como em todas as bibliografias consultadas a interceptação é citada apenas pela parte aérea (COUTURIER; RIPLEY, 1973; CORBERTT; CROUSE, 1968; BALBINOT *et al.*, 2008; TSIKO *et al.*, 2012; ZOU *et al.*, 2015; REICHERT *et al.*, 2017; BRITTO; BAPTISTA; LIMA, 2019; GORDON *et al.*, 2020; EBLING *et al.*, 2021), pode-se dizer que os valores encontrados no presente trabalho são superiores, possivelmente devido ao acréscimo da retenção de água que a parte radicular das plantas proporciona; assim como observado por Dunnett *et al.* (2008), o qual afirma que a retenção de água é maior em plantas que apresentam alta biomassa radicular.

5.2 PERCENTUAL DE ÁGUA RETIDO PELA VEGETAÇÃO ESTIMADO PARA CINCO ANOS HIDROLÓGICOS

5.2.1 Município de Rosário do Sul

O percentual estimado de água retida pela vegetação de Rosário do Sul e os valores anuais de chuva acumulados para cinco anos de observação, segundo dados disponibilizados pela estação meteorológica 03054007, estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Precipitação anual e estimativa da porcentagem retida na vegetação do bioma Pampa durante cinco anos de observação.

Ano	Chuva acumulada total (mm)	Eventos de chuva que houve retenção	Lâmina total retida (mm)	Retido pela vegetação (%)
2004	1012,9	40	156,1	15,4%
2005	1273,7	41	160,0	12,6%
2006	1153,8	43	167,8	14,5%
2007	1513,5	54	210,7	13,9%
2008	1514,8	37	144,4	9,5%
Média	1293,74	43	167,8	13,2%

Fonte: Autoria, 2022.

Para os cinco anos analisados, é possível observar uma média de 43 eventos de chuva que efetivamente houve retenção, em que a precipitação média acumulada foi de 1293,7 mm. A lâmina total de água retida variou de 144,4 a 210,7 mm, dos quais, estimou-se uma retenção média de água pela vegetação nativa de 167,8 mm ao ano.

Segundo Baumhardt (2010), a precipitação média anual histórica para esta região, considerando o intervalo de 1979 a 2009, é de 1582,1 mm. Assim, para os anos de 2004 a 2008, em que o valor médio do acumulado de chuvas esteve abaixo da média climatológica da região, a retenção de água pela vegetação foi estimada em 13,2%.

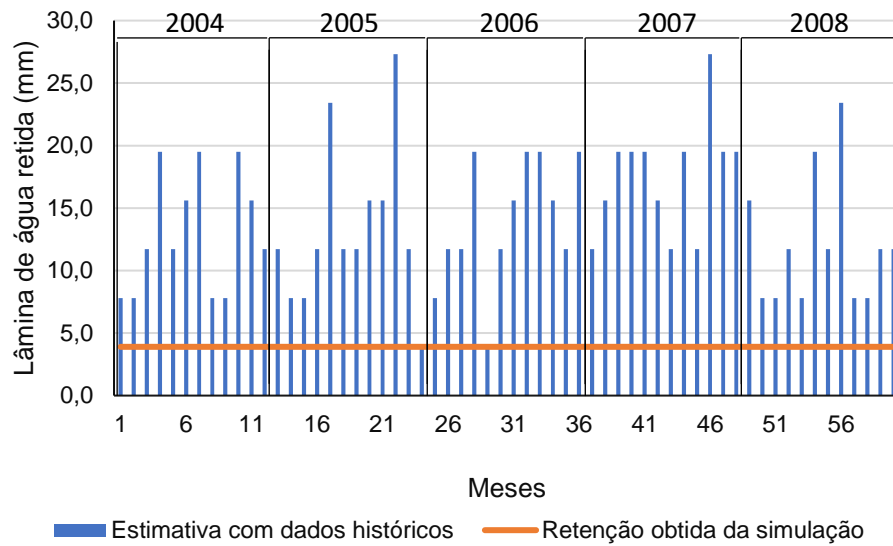
Nos anos de 2007 e 2008 os dados de precipitação acumulada foram os mais altos e muito semelhantes à média histórica de Rosário do Sul; 1513,5 e 1514,8 mm, respectivamente. Entretanto, para a quantidade de precipitação ocorrida em 2008, estimou-se que a retenção de água pela vegetação foi inferior aos demais anos (9,5%).

Tal situação pode ser explicada devido ao fato de que, em 2008, dos 65 dias em que ocorreram precipitação na região, 38 deles encontraram-se em eventos chuvosos com duração igual ou superior a dois dias, distribuídos ao longo de 10 eventos. Ou seja, um maior número de eventos chuvosos com durações prolongadas acarretam em uma menor retenção de água, devido à saturação da parte aérea da vegetação e do solo (RODRIGUES *et al.*, 2015; PAZ, 2004).

Em contrapartida, apesar de em 2007 a precipitação acumulada ser similar à de 2008, o número total de dias com precipitação foi muito superior. Dos 81 dias em que ocorreram precipitações neste ano, apenas 35 encontraram-se em eventos chuvosos com duração igual ou superior a dois dias, distribuídos ao longo de 8 eventos. Ou seja, mesmo apresentando eventos chuvosos com durações prolongadas, os eventos de precipitação isolada foram superiores àqueles observados em 2008, favorecendo o aumento da retenção da água da chuva pela vegetação.

A lâmina de água retida pela vegetação para todos os meses analisados está apresentada na Figura 12, onde é possível observar uma amplitude de variação de 3,9 a 27,3 mm entre os dados estimados para a retenção da vegetação de Rosário do Sul.

Figura 12 - Estimativa da lâmina de água retida pela vegetação para todos os meses analisados.



Fonte: Aatoria, 2022.

5.2.2 Município de Caçapava do Sul

Já, quanto ao percentual estimado de água retida pela vegetação de Caçapava do Sul e os valores anuais de chuva acumulados para cinco anos de observação, segundo dados disponibilizados pela estação meteorológica 03053022, estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Precipitação anual e estimativa da porcentagem retida na vegetação do bioma Pampa durante cinco anos de observação.

Ano	Chuva acumulada total (mm)	Eventos de chuva que houve retenção	Lâmina total retida (mm)	Retido pela vegetação (%)
2011	1412,4	29	49,3	3,5%
2012	1254,8	36	61,2	4,9%
2013	1215,7	46	78,2	6,4%
2014	2099,2	53	90,1	4,3%
2015	2181,5	45	76,5	3,5%
Média	1632,7	42	71,1	4,5%

Fonte: Aatoria, 2022.

Para os anos analisados, é possível observar uma média de 42 eventos de chuva que efetivamente houve retenção pela vegetação, em que o valor médio de precipitação acumulada foi de 1632,7 mm. A lâmina total de água retida variou de 49,3 a 90,1 mm, dos quais estimou-se uma retenção média de água pela vegetação nativa de 71,1 mm ao ano.

Segundo Wrege *et al.* (2012), a precipitação média histórica para a cidade de Caçapava do Sul é de 1727,4 mm por ano, considerando o período de 1976 a 2005. Assim, para os anos de 2011 a 2015, em que o valor médio do acumulado de chuvas esteve ligeiramente abaixo da média climatológica da região, a retenção de água pela vegetação foi estimada a 4,5%.

Os anos 2011, 2012 e 2013 apresentaram valores de precipitação acumulada muito inferiores à média histórica de Caçapava do Sul, sendo, respectivamente, 1412,4; 1254,8 e 1215,7 mm.

Em 2013 registrou-se a menor média anual de precipitação de todos os cinco anos analisados, porém, a estimativa de retenção de água pela vegetação foi a mais elevada (6,4%). Tal situação pode ser explicada devido à ocorrência de um menor número de eventos chuvosos com duração igual ou superior a dois dias (10), e à ocorrência de um maior número de precipitações isoladas, se comparado aos demais anos analisados.

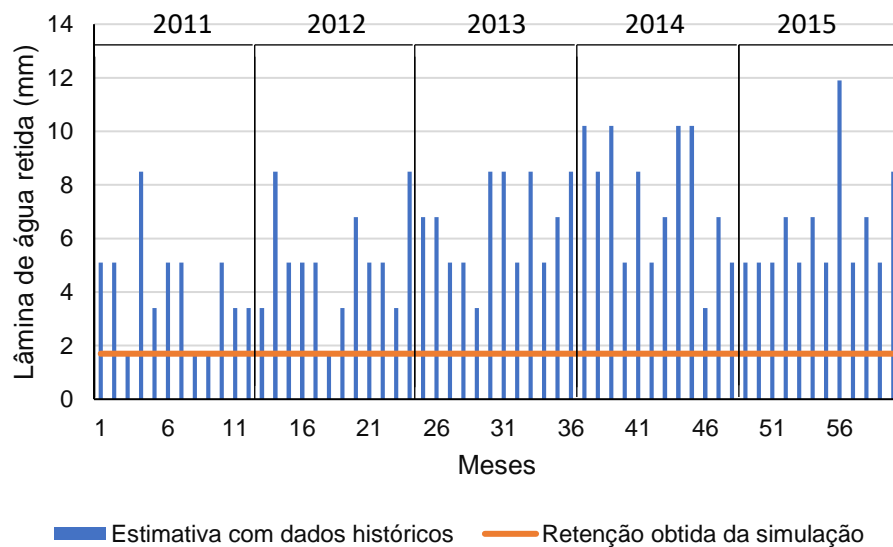
Desta forma, tem-se que, dos 88 dias em que houve precipitações no município, 52 deles encontraram-se em um dos 10 eventos chuvosos com duração igual ou superior a dois dias; enquanto as demais 36 precipitações observadas, ocorreram de forma isolada, o que acarreta no aumento da retenção de água, uma vez que a parte inicial de toda precipitação fica retida na vegetação (RODRIGUES *et al.*, 2015).

O contrário também foi observado nos dados analisados, onde que, em 2015, o acumulado anual de precipitação foi o maior valor obtido nos cinco anos (2181,5 mm); entretanto, a retenção de água estimada para a vegetação foi de 3,5%, a menor de todas. Isso provavelmente está relacionado com o fato de que ocorreu um número maior de eventos chuvosos com duração igual ou superior a dois dias no município; que podem ter provocado uma saturação da parte aérea da vegetação, e conseqüentemente, uma menor retenção de água (RODRIGUES *et al.*, 2015; PAZ, 2004).

Em contrapartida, o ano de 2011 também apresentou a mesma estimativa de retenção de água (3,5%), porém, o total precipitado (1412,4 mm) e o número de eventos de chuva que realmente houve precipitação (29), foram inferiores àqueles observados em 2015. Isso se deve pois, em 2011 observou-se um número maior de eventos isolados, se comparado a 2015. Assim, de acordo com Baumhardt (2014) e Lima (2008), eventos isolados de chuva e em dias quentes, ou em períodos de maior produção de biomassa, a vegetação tende a reter quase a totalidade precipitada em eventos com pouco volume de chuva.

A lâmina de água retida pela vegetação para todos os meses analisados está apresentada na Figura 13, onde é possível observar uma amplitude de variação de 1,7 a 11,9 mm entre os dados estimados para a retenção da vegetação de Caçapava do Sul.

Figura 13 - Estimativa da lâmina de água retida pela vegetação para todos os meses analisados.



Fonte: Aatoria, 2022.

Dentre todos os dados analisados em ambas as áreas, houve precipitações diárias em que o valor precipitado foi inferior à média de retenção de água pela de vegetação, ou seja, foram menores que 3,9 mm em Rosário do Sul e que 1,7 mm em Caçapava do Sul. Nestes casos a retenção da chuva foi de 100% ou próximo a estes valores; assim como destacado por Lima (2008), o qual afirma que em uma chuva de baixa intensidade, quase toda a água é retida pela vegetação e evaporada diretamente, portanto, a perda por interceptação é de 100% do total precipitado.

5.3 CONTRIBUIÇÃO DO SIMULADOR DE CHUVA COMO METODOLOGIA PARA OBTENÇÃO DE DADOS DE RETENÇÃO

O método utilizado no presente estudo apresentou-se como uma alternativa para obtenção de dados de retenção de água pela vegetação herbácea do campo nativo, tendo em vista a escassez de informações referentes à esta variável hidrológica na literatura.

Apesar de terem-se encontrados alguns estudos que apresentaram valores de retenção por vegetação herbácea, a maioria daqueles foi realizado em outras regiões que não no Rio Grande do Sul (COUTURIER; RIPLEY, 1973; CORBERTT; CROUSE, 1968; VELÁSQUEZ; JARAMILLO, 2009; TSIKO *et al.*, 2012; BAYER, 2014; ZOU *et al.*, 2015; ZHENG *et al.*, 2018; GORDON *et al.*, 2020; SIMPSON; FRANCIS, 2021); enquanto que naqueles realizados na região de interesse deste estudo, a metodologia utilizada muitas vezes ignorou a água retida pela serrapilheira e optou apenas pela quantificação da interceptação da parte aérea das plantas.

Este é o caso do estudo realizado por Lanza (2015), que avaliou a interceptação por gramíneas nativas do Bioma Pampa e observou um valor de 6,2% para esta variável. Entretanto, a metodologia utilizada pelo autor refere-se apenas à quantidade de água retida pela parte aérea da vegetação, adquirida a 10 cm acima da superfície do solo; o que provavelmente subestimou o resultado obtido, uma vez que desconsiderou-se a parte vegetal existente entre a superfície do solo e os 10 cm em que foram coletados os dados.

Isso pode ser verificado pois, devido se tratar de estudos realizados sobre a mesma fitofisionomia, no presente estudo os valores de retenção estimados para Rosário do Sul e Caçapava do Sul, foram de 13,2 e 4,5%, respectivamente. Ou seja, a retenção de água pela vegetação herbácea do bioma Pampa analisada, apresentou uma média geral de 8,9% da precipitação total incidente nestes municípios; verificando-se que o percentual da precipitação ocorrida retido pela vegetação, foi superior àqueles encontrados pelos autores acima citados.

No entanto, estas diferenças observadas entre os estudos podem estar relacionadas à metodologia utilizada, uma vez que nos testes de chuva simulada realizados, considerou-se toda a estrutura vegetal do campo nativo, incluindo a parte radicular das plantas, o que possivelmente resultou em valores maiores de retenção de água. Esta associação entre a parte aérea com a parte radicular e o solo foi

inevitável, pois optou-se por simular as condições naturais do campo nativo, e desta forma, o método utilizado tornou difícil a dissociação entre estes componentes.

Outro fator que pode ter influenciado nos resultados encontrados, além das características naturais da vegetação e do solo, e que se apresenta como uma dificuldade metodológica é que, o respectivo método pode ter apresentado uma baixa percepção em relação à quantidade de água retida pelas amostras vegetais. Isso pois, ao longo da realização dos cálculos, obteve-se resultados nulos da referida variável para os testes realizados em Caçapava do Sul, indicando que, conforme a metodologia utilizada, uma quantidade maior de água foi captada pelo solo se comparado à vegetação desta área.

Ou seja, apesar de o campo nativo de Caçapava do Sul ter apresentado maior biomassa vegetal nas amostras, a quantidade de água interceptada por estas foi menor que aquelas observadas em Rosário do Sul; sugerindo que para pequenas porções de água retida pelas plantas, o método de pesagens não apresentou sensibilidade suficiente para registrar tais quantidades.

Além disso, como já citado anteriormente, outra oposição metodológica que pode ter influenciado nos resultados encontrados, refere-se à dificuldade de obter-se amostras com uma espessura uniforme durante a coleta, provocando variações na quantidade de solo, de material vegetal (sistema radicular) e no peso das amostras, inferindo numa maior alteração das variáveis observadas.

De qualquer modo, apesar de suas limitações, o método utilizado no presente estudo se mostrou favorável à aquisição de dados de retenção de água pela vegetação nativa do bioma pampa, uma vez que os valores observados foram semelhantes aos encontrados na literatura. Também, devido ao fato de não existir metodologia consistente que determine tal variável, o método aqui testado apresentou-se como uma alternativa empírica que alcançou a finalidade esperada, apesar de ainda necessitar de ajustes metodológicos.

Sendo assim, percebe-se a possibilidade da utilização do simulador de chuvas para obtenção de dados de retenção de água pela vegetação herbácea do campo nativo, pois sua relação com o ciclo hidrológico deve ser conhecida; e sua influência sobre o comportamento deste ciclo deve ser monitorado, principalmente no que tange às alterações da cobertura vegetal, pois ainda se desconhece os reais impactos que a inserção de espécies exóticas pode causar em uma região cuja vegetação natural é caracterizada por espécies herbáceas.

Em suma, é possível observar nos dados literários levantados para as principais espécies exóticas inseridas no bioma Pampa, que estas possuem percentual de interceptação da precipitação superior àquele encontrado para a vegetação herbácea natural do campo nativo (LIMA, 1976; ALMEIDA; SOARES, 2003; SILVA *et al.*, 2006; BAUMHARDT, 2010; CONSENSA, 2012; SILVA JÚNIOR, 2013; BAYER, 2014; LANZA, 2015; SILVA JÚNIOR; SCOPEL; ASSUNÇÃO, 2015; GONÇALVES, 2016; SHENG; CAI, 2019; GORDON *et al.*, 2020); corroborando com a premissa de que as componentes do ciclo hidrológico, principalmente a interceptação, podem ser alteradas quando há a mudança da cobertura vegetal e, conseqüentemente, inferir no ciclo da água.

6 CONCLUSÃO

Estudos referentes às relações existentes entre a vegetação do Bioma Pampa e os processos hidrológicos, ainda são escassos, pois esta área ainda tem sido negligenciada pela maioria dos autores, uma vez que sua vegetação natural é caracterizada por apresentar fitofisionomia de pasto nativo, e a maioria dos estudos realizados nesta região referem-se às espécies exóticas inseridas.

A falta de informações referente à atuação da vegetação herbácea sobre as variáveis hidrológicas, e a inexistência de metodologias consolidadas que permitem a obtenção de tais dados nesta região, ainda apresentam-se como um desafio para o campo da pesquisa. No entanto, a utilização do simulador de chuvas como metodologia para determinar a retenção de água pela vegetação herbácea de campo nativo, permitiu a obtenção de informações sobre esta variável.

Assim, o simulador de chuvas se mostrou favorável à aquisição de dados de retenção de água pela vegetação nativa, podendo ser utilizado como um método empírico neste campo de estudos.

O valor de retenção estimado através dos dados históricos de precipitação e dos resultados obtidos das simulações de chuva, foi de 13,2 e 4,5%, para Rosário do Sul e Caçapava do Sul, respectivamente. A média geral de retenção de água pela vegetação herbácea do bioma Pampa estimada, apresentou-se em 8,9% da precipitação total incidente.

Devido ao fato de o processo natural de interceptação por este tipo de vegetação ser bastante difícil de ser mensurado e controlado, em função das inúmeras variáveis requeridas; o método utilizado para determinação deste processo pode ter apresentado uma baixa percepção em relação à quantidade de água retida, indicando pouca sensibilidade para registrar de forma eficiente uma porção pequena de água retida pelas plantas; isso pode se dar pelas características naturais da vegetação e do solo, ou até mesmo pela dificuldade em obter-se amostras com espessuras uniformes, e/ou pela associação entre a parte radicular e aérea das plantas.

Entretanto, apesar das limitações encontradas durante o desenvolvimento e das incertezas que o método ainda apresenta, o simulador de chuvas se mostrou como um aliado na obtenção de informações sobre a retenção de água pela vegetação herbácea, sendo necessário a realização de alguns ajustes metodológicos a fim de aumentar a acurácia dos dados.

7 RECOMENDAÇÕES

Para compreender melhor a magnitude e funcionamento das variáveis não controladas nesse estudo, é necessário realizar novas avaliações da interceptação da vegetação campestre em estudos posteriores, utilizando-se da mesma metodologia, para melhor avaliar a eficácia desta.

Para isso, sugere-se a realização de testes contendo apenas as leivas com vegetação, sem a presença de solo; assim como com chuvas simuladas com diferentes intensidades de precipitação, e em diferentes épocas do ano, uma vez que a quantidade de biomassa pode sofrer variação nas diferentes estações e, assim como as diferentes intensidades da precipitação, podem influenciar na quantidade de água retida.

Por fim, outra sugestão para estudos futuros é a realização de análises das propriedades do solo coletado nas amostras, a fim de identificar suas características e poder interpretá-las em relação à sua capacidade de retenção de água; assim como realizar a identificação dos elementos florísticos presentes nas amostras vegetais para compreender melhor a dinâmica das espécies herbáceas que compõem o campo nativo, para com o processo de interceptação.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. C.; SOARES, J. V. Comparação entre uso de água em plantações de *Eucalyptus grandis* e floresta ombrófila densa (Mata Atlântica) na costa leste do Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 27, n. 2, p. 159-170, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/5VRjGZxXzSrgpKrV5pQH7Ky/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 15 set. 2022.
- ALVARES, C. A.; *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Gebrüder Borntraeger, Stuttgart, v. 22, p. 711-728, 2013. Disponível em: http://www.lerf.eco.br/img/publicacoes/Alvares_et_al_2014.pdf. Acesso em: 31 abr. 2022.
- ALVES SOBRINHO, T.; *et al.* Desenvolvimento de um infiltrômetro de aspersão portátil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 6, n. 2, p. 337-344, 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/qfFPRjQDZLrF7vwctsqdVSr/?lang=pt>. Acesso em: 31 jun. 2022.
- ANDRADE, B. O.; *et al.* Vascular plant species richness and distribution in the Río de la Plata grasslands. **Botanical Journal of the Linnean Society**, [S.l.], v. 188, p. 250–256, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/329376148_Vascular_plant_species_richness_and_distribution_in_the_Rio_de_la_Plata_grasslands. Acesso em: 03 mai. 2022.
- ANDRIOLLO, D. D. **Florística, solos e abundância isotópica de ¹³C em áreas de floresta e de campo no Bioma Pampa**. 2015. 124 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/17239/DIS_PPGEF_2015_ANDRIOLLO_DAIANE.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 03 mai. 2022.
- ATAIDE, P. F. **Biomassa subterrânea da pastagem natural sob intensidades de pastejo contrastantes e submetida a diferimentos**. 2015. 79 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, 2015. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/117643/000967756.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 05 abr. 2022.
- AVILA, C. B. **Varição da infiltração devido a alterações de uso do solo: estudo de caso de implantação de floresta em Bioma Pampa**. 2014. 71 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/8749/AVILA%2c%20CALINCA%20BARAO%20DE.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 09 abr. 2022.
- BACCHI, D. D. L. C.; PATACA, E. M. Educação para a água. **Estudos avançados**, [S.l.], v. 22, n. 63, 2008. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10302>. Acesso em: 08 jul. 2022.

BALBINOT, R.; *et al.* O papel da floresta no ciclo hidrológico em bacias hidrográficas. **Ambiência** - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais, Guarapuava, PR, v.4, n.1, p.131-149, jan./abr. 2008. Disponível em: <https://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/view/294>. Acesso em: 08 jul. 2022.

BAUMHARDT, E. **Balanço hídrico de microbacia com eucalipto e pastagem nativa na região da campanha do RS**. 2010. 139 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2010. Disponível em: <http://dominiopublico.mec.gov.br/download/cp120547a.pdf>. Acesso em: 03 mai. 2022.

BAUMHARDT, E. **Hidrologia de bacia de cabeceira com eucaliptocultura e campo nativo na região da campanha gaúcha**. 2014. 166 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/3771/BAUMHARDT%2C%20EDNER.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 31 jun. 2022.

BAYER, D. M. **Efeitos das mudanças de uso da terra no regime hidrológico de bacias de grande escala**. 2014. 172 f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2014. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/95694/000918308.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 21 jun. 2022.

BENCKE, G. A. Biodiversidade. In: CHOMENKO, L.; BENCKE, G. A. (Org.). **Nosso Pampa desconhecido**. Porto Alegre, RS: Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, 61-75, 2016. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201708/25130950-nosso-pampa-desconhecido.pdf>. Acesso em: 05 mai. 2022.

BETONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. Precipitação. In: TUCCI, C. E. M. (Org.) **Hidrologia: Ciência e aplicação**. 4. ed., Porto Alegre: Ad UFRGS/ ABRH, p. 182, 2007.

BHATTACHARYA, R. K.; CHATTERJEE, N. D.; DAS, K. An integrated GIS approach to analyze the impact of land use change and land cover alteration on ground water potential level: A study in Kangsabati Basin, India. **Groundwater for Sustainable Development**, v. 11, p. 1- 45, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352801X18300973?via%3Dihub>. Acesso em: 13 ago. 2022.

BILENCA, D.; MIÑARRO, F. **Identificación de Áreas Valiosas de Pastizal (AVPs) em las Pampas y campos de Argentina, Uruguay y sur de Brasil**. Fundación Vida Silvestre Argentina, 1. ed. Buenos Aires: 2004. Disponível em: http://awsassets.wwfar.panda.org/downloads/libro_avps__bilenca_y_minarro_2004_.pdf. Acesso em: 06 abr. 2022.

BOLDRINI, I. I. A flora dos Campos do Rio Grande do Sul. In: PILLAR, V. P.; *et al.* **Campos Sulinos: Conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Brasília, DF:

Ministério do Meio Ambiente (Brasil), p. 63-77, 2009. *E-book*. Disponível em: <http://ecoqua.ecologia.ufrgs.br/arquivos/Livros/CamposSulinos.pdf>. Acesso em: 13 mai. 2022.

BOLDRINI, I. I.; OVERBECK, G.; TREVISAN, R. Biodiversidade de plantas. In: PILLAR, V. P.; LANGE, O. (Ed.). **Os campos do Sul**. Porto Alegre, RS: Rede Campos Sulinos – UFRGS, p. 53-58, 2015.

BRITTO, M.; BAPTISTA, G. M. M.; LIMA, E. A. O estudo dos componentes do ciclo hidrológico desde métodos tradicionais até o uso de sensoriamento remoto: uma revisão. **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, Paranoá, v. 23, p. 127-146, 2019. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/paranoa/article/view/25952>. Acesso em: 04 jul. 2022.

BUGIN, A. (Coord.). **Avaliação ecológica rápida Pedra do Segredo** - projeto RS Biodiversidade. Caçapava do Sul: 2014. Disponível em: <https://sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201708/23150550-aer-rsbio-pedra-segredo.pdf>. Acesso em: 06 out. 2021.

BUSKE, T. C. **Comportamento da umidade do solo determinada por métodos expeditos**. 2013. 68 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/7564/BUSKE,%20TAISE%20CRISTINE.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2022.

CAMINHA, J. R. **Conhecendo o bioma pampa e sua diversidade florística através de uma saída de campo**: a educação ambiental no ensino de Ciências da natureza. 2019. 36 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências da Natureza) – Universidade Federal do Pampa. Dom Pedrito, RS, 2019. Disponível em: <https://cursos.unipampa.edu.br/cursos/cienciasdanatureza-dp/files/2019/09/reconhecendo-o-bioma-pampa.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2022.

CARNEIRO, A. M.; *et al.* **Cactos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, 2016. 224 p. *E-book*. Disponível em: https://www.webambiente.cnptia.embrapa.br/webambiente/wiki/lib/exe/fetch.php?me dia=webambiente:carneiro_cactos.pdf. Acesso em: 15 jul. 2022.

CARVALHO, F.; CONFESSOR, J. G.; RODRIGUES, S. C. Utilização de simulador de chuvas para determinação do valor CN e abstração inicial na cultura do café em ambiente de cerrado brasileiro. **Physis Terrae**, [S.l.], v. 2, n. 2, p. 101-126, 2020. Disponível em: <https://revistas.uminho.pt/index.php/physisterrae/article/view/3083>. Acesso em: 04 jul. 2022.

CASTRO, M. H. **Estudo do processo de infiltração em superfícies permeáveis a partir de um simulador de chuva por aspersão**. 2019. 103 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Tocantins, Palmas, TO, 2019. Disponível em: <https://repositorio.uft.edu.br/bitstream/11612/1241/1/Marcelo%20Henrique%20de%20Castro%20-%20Disserta%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2022.

CHRISTINA, M.; *et al.* Almost symmetrical vertical growth rates above and below ground in one of the world's most productive forests. **Ecosphere**, [S.l.], v. 2, n. 3, article 27, mar. 2011. Disponível em: <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1890/ES10-00158.1>. Acesso em: 10 set. 2022.

CONFESSOR, J. G. **Avaliação de processos erosivos hídricos em diferentes usos agrícolas, utilizando simulador de chuvas no ambiente de cerrado**. 2019, 187 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/24312/1/AvaliacaoProcessosErosivos.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2022.

CONSENSA, C. B. **Precipitação pluviométrica e interna em povoamentos de *Eucalyptus* spp. em Rosário do Sul, RS**. 2012. 95 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/8707/CONSENSA%2c%20CATARINE%20BARCELLOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 16 ago. 2022.

CONTE, O.; *et al.* Densidade, agregação e frações de carbono de um argissolo sob pastagem natural submetida a níveis de ofertas de forragem por longo tempo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S.l.], v. 35, p. 579-587, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/fZNBMHnvx4MWw4Hq6YTdRzL/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 03 set. 2022.

CORBERTT, E. S.; CROUSE, R. P. **Rainfall interception by annual grass and chaparral...losses compared**. Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station (U.S.D.A. Forest Service Research Paper PSW-48), Berkeley, California, 1968. Disponível em: https://www.fs.usda.gov/psw/publications/documents/psw_rp048/psw_rp048.pdf. Acesso em: 27 jul. 2022.

CORRÊA, R. S.; *et al.* Aspectos da precipitação pluviométrica em um povoamento jovem de *Eucalyptus dunnii* no Bioma Pampa. **Advances in Forestry Science**, Cuiabá, v. 6, n. 3, p. 717-721, 2019. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/afor/article/download/7617/pdf/0>. Acesso em: 16 ago. 2022.

COSTA, Y. C. (coord.). **Cadernos de Educação Ambiental: Recursos hídricos**. 2ª reimpressão. São Paulo, SP: Secretaria do Meio Ambiente, 2014. *E-book*. Disponível em: <https://smastr16.blob.core.windows.net/cea/2014/11/14-recursos-hidricos1.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2022.

COUTINHO, L. M. O conceito de bioma. **Acta Botanica Brasilica**, [S.l.], v. 20, n. 1, p. 13-23, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abb/a/RhxPXykYPBPbCQCxz8hGtSn/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 15 mar. 2022.

COUTURIER, D. E.; RIPLEY, E. A. Rainfall interception in mixed grass Prairie. **Canadian Journal of Plant Science**, [S.l.], v. 53, p. 659 – 663, 1973. Disponível em: <https://cdnsiencepub.com/doi/pdf/10.4141/cjps73-130>. Acesso em: 01 ago. 2022.

DAMBRÓS, C. **Recarga e Flutuação no nível da água subterrânea em sub-bacias com floresta e campo nativo**. 2011. 120 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/7773/DAMBROS%2C%20CRISTIANE.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 16 ago. 2022.

DEON, E. H. A. **Interceptação da chuva em floresta estacional decidual em Santa Maria, RS**. 2015. 62 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/7646>. Acesso em: 17 jul. 2022.

DIAS, D. F.; AIMON, J. G. S.; PONTES, R. C. A silvicultura no município de Rosário do Sul: um estudo de caso no bioma pampa sul-riograndense. **Geo UERJ**, Rio de Janeiro, n. 37, 2020. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/geouerj/article/view/38045>. Acesso em: 13 jul. 2022.

DIAS, D. F.; TRENTIN, R. Compartimentação morfolitológica do município de Rosário do Sul - RS: uma análise integrada do meio físico. **Revista Caminhos de Geografia**, Uberlândia – MG, v. 19, n. 65, p. 218–231, mar. 2018. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/38348>. Acesso em: 12 jul. 2022.

DIAS, D. F.; TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. S. Análise e zoneamento geoambiental do município de Rosário do Sul - RS: potencialidades e suscetibilidades. **Revista Geografar**, Curitiba, v. 14, n. 1, p. 70-87, jan./jun. 2019. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/geografar/article/view/60208>. Acesso em: 13 jul. 2022.

DUNNETT, N.; *et al.* Influence of vegetation composition on runoff in two simulated green roof experiments. **Urban Ecosyst**, [S.l.], v. 11, n. 4, p. 385–398, 2008. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/226399359_Influence_of_vegetation_composition_on_runoff_in_two_simulated_green_roof_experiments. Acesso em: 06 jun. 2022.

EBLING, É. D.; *et al.* Event-based hydrology and sedimentation in paired watersheds under commercial eucalyptus and grasslands in the Brazilian Pampa biome. **International Soil and Water Conservation Research**, [S.l.], v. 9, p. 180 – 194, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095633920300836>. Acesso em: 13 ago. 2022.

FARIAS, E. S.; *et al.* Influência do uso e ocupação do solo na disponibilidade hídrica das bacias dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu, Bahia. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S.l.], v. 14, n. 02, p. 1175-1193, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/248958>. Acesso em: 12 jul. 2022.

FERRETO, D. O. C.; *et al.* Rainfall partitioning in young clonal plantations Eucalyptus species in a subtropical environment, and implications for water and forest management. **International Soil and Water Conservation Research**, article in press, [S.l.], 2021. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095633921000034>. Acesso em: 29 ago. 2022.

FIDELIS, A.; GLÓRIA, B. A. da; PFADENHAUER, J. A importância da biomassa e das estruturas subterrâneas nos Campos Sulinos. In: PILLAR, V. de P. *et al.* **Campos sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Brasília: MMA, p. 88-100, 2009. *E-book*. Disponível em:

<http://ecoqua.ecologia.ufrgs.br/arquivos/Livros/CamposSulinos.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2022.

FIGUEIRÓ, A. S.; *et al.* Compreensão da paisagem do Alto Camaquã: debate ambiental sobre o Bioma Pampa. **Mercator**, Revista de Geografia da UFC, Fortaleza, CE, v. 10, n. 23, p. 147-158, set./dez., 2011. Disponível em:

<https://www.redalyc.org/pdf/2736/273621468012.pdf>. Acesso em: 13 jul. 2022.

GAO, Z.; HU, X.; LI, X. Changes in soil water retention and content during shrub encroachment process in Inner Mongolia, northern China. **Catena**, [S.l.], v. 206, 2021. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X2200601X>. Acesso em: 29 ago. 2022.

GARCIA, C. H. **Tabelas para classificação do coeficiente de variação**. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais – IPEF, Circular Técnica nº 171, [S.l.], nov. 1989. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica/nr171.pdf>. Acesso em: 27 mai. 2022.

GIGLIO, J. N.; KOBIYAMA, M. Interceptação da Chuva: Uma Revisão com Ênfase no Monitoramento em Florestas Brasileiras. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, [S.l.], v. 18, n. 2, p. 297-317, abr./jun. 2013. Disponível em:

<https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=1&ID=98&SUMARIO=1567>. Acesso em: 15 mai. 2022.

GÓES, Q. R.; *et al.* Análise da fauna edáfica em diferentes usos do solo no Bioma Pampa. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 31, n. 1, p. 123-144, jan./mar. 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/32130>. Acesso em: 29 ago. 2022.

GONÇALVES, J. M. **Estudo preliminar do efeito da cobertura vegetal na interceptação da chuva**. 2016. 24 p. Trabalho Final de Curso (Engenharia Ambiental e Sanitária) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG, 2016. Disponível em: <https://www2.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2014/02/TCC-Vers%c3%a3o-final-J%c3%a9ssica-Melo.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2022.

GORDON, D. A. R.; *et al.* Rainfall interception and redistribution by a common North American understory and pasture forb, *Eupatorium capillifolium* (Lam. dogfennel).

Hydrology and Earth System Sciences. [S.l.], 2020. Disponível em: <https://hess.copernicus.org/articles/24/4587/2020/>. Acesso em: 27 jul.2022.

GRACIOLI, C. R. **Efeitos da silvicultura do eucalipto na dinâmica da vegetação em área de pecuária no Rio Grande do Sul, Brasil.** 2010. 143 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010. Disponível em: https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFSM_253ab54cec492a74043f582d8f173655. Acesso em: 29 jun. 2022.

GUIMARÃES, B. B. Simulador de Chuvas, Erosão e Educação Ambiental. **Pegada - A Revista Da Geografia Do Trabalho.** Presidente Prudente, 2013. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/pegada/article/view/2910>. Acesso em: 08 ago. 2022.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Biomass e Sistema Costeiro-Marinho do Brasil:** compatível com a escala 1:250.000. Relatório Metodológico. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro, RJ: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Brasil), 2019. 168 p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101676.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2022.

(a) IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades e Estados:** Caçapava do Sul. 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/cacapava-do-sul/panorama>. Acesso em: 06 out. 2021.

(b) IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades e Estados:** Rosário do Sul. 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/rosario-do-sul/panorama>. Acesso em: 03 out. 2021.

IOST, C. **Produção de sedimentos e qualidade da água de uma microbacia hidrográfica rural.** 2008, p. 87. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, PR, 2008. Disponível em: <http://livros01.livrosgratis.com.br/cp066782.pdf>. Acesso em: 31 mar. 2022.

KLEIN, C.; KLEIN, V. A. Estratégias para potencializar a retenção e disponibilidade de água no solo. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental (REGET)**, Santa Maria, v. 19, n. 1, p.21-29, jan.- abr. 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/viewFile/14990/pdf>. Acesso em: 22 ago. 2022.

KUSTER, V. C. **Anatomia e aspectos ecológicos de espécies vegetais ocorrentes na restinga do Parque Estadual Paulo César Vinha (ES).** 2010. 75 p. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal de Viçosa, MG, 2010. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/2521/1/texto%20completo.pdf>. Acesso em: 19 abr. 2022.

LANDSBERG, J.; SANDS, P. **Physiological Ecology of Forest Production**. 1. ed. London, UK: Elsevier, 2011.

LANDSBERG, J.; WARING, R. **Forests in our changing world: new principles for conservation and management**. Washington, DC: Island Press, 2014.

LANZA, R. **Hidrologia comparativa e perda de solo e água em bacias hidrográficas cultivadas com eucalipto e campo nativo com pastagem manejada**. 2015. 150 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/5621/LANZA,%20REGIS.pdf?sequence=1>. Acesso em: 19 ago. 2022.

LEUNG, A. K.; GARG, A.; NG, W. W. Effects of plant roots on soil-water retention and induced suction in vegetated soil. **Engineering Geology**, [S.l.], v. 193, p. 183–197, 2015. Disponível em: <https://discovery.dundee.ac.uk/en/publications/effects-of-plant-roots-on-soil-water-retention-and-induced-suctio>. Acesso em: 23 jul. 2022.

LI, C.; PAN, C. The relative importance of different grass components in controlling runoff and erosion on a hillslope under simulated rainfall. **Journal of Hydrology**, [S.l.], v. 558, p. 90–103, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022169418300076?via%3Dihub>. Acesso em: 29 jun. 2022.

LIMA, W. P. **Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas**. 2. ed. Piracicaba, São Paulo: [s.n.], 2008. Disponível em: https://www.ipef.br/publicacoes/acervohistorico/informacoestecnicas/hidrologia_florestal_aplicada_ao_manejo_de_bacias_hidrograficas.pdf. Acesso em: 08 ago. 2022.

LIMA, W. P. Interceptação da chuva em povoamentos de eucalipto e de pinheiro. **IPEF**, [S.l.], n.13, p. 75-90, 1976. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr13/cap03.pdf>. Acesso em: 31 mai. 2022.

LU, J. *et al.* Root-induced changes of soil hydraulic properties – A review. **Journal of Hydrology**, v. 589, 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/342346197_Root-induced_changes_of_soil_hydraulic_properties_-_A_review. Acesso em: 31 jul. 2022.

MARCHI, M. M.; SALLÉS, J. M. Quem são as gramíneas?. In: MARCHI, M. M.; BARBIERI, R. L. (Ed.). **Cores e formas no bioma pampa: gramíneas ornamentais nativas**. Brasília, DF: Embrapa, p. 19-30, 2015. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201708/25132257-cores-e-formas-no-bioma-pampa-gramineas-ornamentais-compressed.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2022.

MATZENAUER, R.; RADIN, B.; ALMEIDA, I. R. (Ed.). **Atlas Climático: Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura Pecuária e Agronegócio; Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO), 2011.

MIRANDA, R. A. C.; OLIVEIRA, M. V. S.; SILVA, D. F. Ciclo hidrológico planetário: abordagens e Conceitos. **Geo UERJ**, [S.l.], ano 12, v. 1, n. 21, p. 109-119, 2010. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/geouerj/article/download/1461/1226>. Acesso em: 15 mar. 2022.

NASCIMENTO, D. T. F.; RIBEIRO, S. A. **Os biomas brasileiros e a defesa da vida**. Goiânia, GO: Kelps, 2017. 46 p.

NÁVAR, J. Stemflow variation in Mexico's northeastern forest communities: Its contribution to soil moisture content and aquifer recharge. **Journal of Hydrology**, [S.l.], v. 408, p. 35-42, 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022169411004458?via%3Dihub>. Acesso em: 26 ago. 2022.

NICODEMO, M. L. F. **Dinâmica da água em sistemas agroflorestais**. São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2011. 36 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/909003/1/PROCI2011.00207.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2022.

NUNES, M. M. C.; *et al.* Análise multitemporal do Uso e Cobertura da Terra no município de Caçapava do Sul - RS nos anos de 1991, 2001 e 2011. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 2013, Foz do Iguaçu. **Anais** [...]. Foz do Iguaçu, PR, abr. 2013. Disponível em: <http://marte2.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte2/2013/05.28.23.30.42/doc/p0480.pdf>. Acesso em: 02 abr. 2022.

OLIVEIRA, D. B. B.; *et al.* **Simulador de chuvas portátil aplicado a classificação do grupo hidrológico do solo do método CN**. In: XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/268074495_SIMULADOR_DE_CHUVAS_PORTATIL_APLICADO_A_CLASSIFICACAO_DO_GRUPO_HIDROLOGICO_DO_SOLO_DO_METODO_CN. Acesso em: 08 ago. 2022.

OLIVEIRA, P. C. A.; RODRIGUES, S. C. Utilização de cenários ambientais como alternativa para o zoneamento de bacias hidrográficas: estudo da bacia hidrográfica do Córrego Guaribas, Uberlândia - MG. **Revista Sociedade & Natureza**, Uberlândia, MG, v. 21, n. 3, p. 305-3014, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sn/a/Z6QtYVKBd8PQPMf9CbtWwRM/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 31 jul. 2022.

PACHECO, M. F. S. D. Divisão regional do Rio Grande do Sul. **Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul** – Colaborações, [S.l.], n. 4, 1956. Disponível em: <https://revistas.planejamento.rs.gov.br/index.php/boletim-geografico-rs/article/view/3344>. Acesso em: 02 abr. 2022.

PACHECO, M. V.; MAFRA, M. V. Interceptação florestal em fragmento florestal urbano de Manaus. **Revista Geonorte**, [S.l.], edição especial, v. 2, n. 4, p. 932-42, 2012. Disponível em: <https://www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/download/2157/2023/>. Acesso em: 22 mar. 2022.

PAES, C. O. **Influência do uso e manejo na compactação do solo como indicadores da recarga das águas subterrâneas em uma bacia hidrográfica em área de afloramento do Sistema Aquífero guarani (SAG)**. 2012. 110 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Ourinhos, SP, 2012. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/155040/000694967.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 31 jul. 2022.

PAZ, A. R. **Hidrologia Aplicada**. Caxias do Sul: Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, set. 2004. Disponível em: http://www.ct.ufpb.br/~adrianorpaz/artigos/apostila_HIDROLOGIA_APLICADA_UERGS.pdf. Acesso em: 03 jun. 2022.

PELLANDA, R. M. **Adaptações morfoanatômicas do sistema radicular em espécies da restinga**. 2016. 58 p. Monografia (Bacharel em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2016. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/60991/ROBERTTA%20MORYEL%20PELLANDA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 15 mai. 2022.

PEREIRA, C. S. **A pecuária em Caçapava do Sul/RS: de atividade tradicional a alternativa frente à expansão da soja e do eucalipto**. 2016. 106 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/9473>. Acesso em: 03 jun. 2022.

PREVEDELLO, J. **Dinâmica do armazenamento e da disponibilidade de água em Argissolo sob eucalipto e campo nativo**. 2012. 120 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2012. Disponível em: http://www.fisicadosolo.ccr.ufsm.whoos.com.br/downloads/Juliana_Prevedello_Tese.pdf. Acesso em: 09 ago. 2022.

PONCIANO, V. F. G.; *et al.* Development of a portable rainfall simulator. **Ciência Agrícola**, Rio Largo, v. 19, n. 1, p. 17-24, 2021. Disponível em: <file:///C:/Users/Usuario/Desktop/10248-Texto%20do%20Artigo-49024-1-10-20210803.pdf>. Acesso em: 31 jul. 2022.

QUADROS, F. L. F.; CRUZ, P.; THEAU, J. Uso de tipos funcionais de gramíneas como alternativas de diagnóstico da dinâmica e do manejo de campos naturais. *In*: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006, João Pessoa. **Anais [...]** João Pessoa, PB, 2006. Disponível em: <http://sbz.org.br/new/pt/documentos--anais-das-reunioes>. Acesso em: 18 jun. 2022.

REICHERT, J. M.; *et al.* Water balance in paired watersheds with eucalyptus and degraded grassland in Pampa biome. **Agricultural and Forest Meteorology**, [S.l.], v. 237, n. 238, p. 282–295, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168192317300473?via%3Dihub>. Acesso em: 21 jul. 2022.

REINERT, D. J.; *et al.* **Principais Solos da Depressão Central e Campanha do Rio Grande do Sul**: guia de excursão. 2. ed. Santa Maria: UFSM, Departamento de Solos/UFSM, 47 p., 2007. Disponível em: http://www.fisicadosolo.ccr.ufsm.whoos.com.br/downloads/Disciplinas/FundCiSolo/Guia_excursao_fundamentos_3edv3.pdf. Acesso em: 25 mar. 2022.

REIS, B. E. C.; COIMBRA, M. D. A. **Uso de um simulador de chuva para determinação da capacidade de infiltração de material granular arenoso**. 2015. 45 p. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil) - Universidade Federal de São João del-Rei, Ouro Branco, MG, 2015. Disponível em: <https://www.ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/labhidromec/Uso%20de%20um%20simulador%20de%20chuva%20para%20determinacao%20da%20capacidade%20de%20infiltracao%20de%20materia%20granular%20arenoso.pdf>. Acesso em: 13 abr. 2022.

RIGHES, A. A. Água no planeta: características, disponibilidade e ciclo hidrológico. *In*: RIGHES, A. A.; BURIOL, G. A.; BOER, N. (Org.). **Água e educação**: Princípios e estratégias de uso e conservação, p. 17-48. Santa Maria, RS: Centro Universitário Franciscano, 2009.

RODRIGUES, L. N.; PRUSKI, F. F. Fundamentos e benefícios do sistema de integração lavoura-pecuária-floresta para os recursos hídricos. *In*: BUNGENSTAB, D. J.; *et al.* (Ed.). **ILPF**: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta. Brasília, DF: Embrapa, p. 181-194, 2019. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1113073>. Acesso em: 30 jun. 2022.

RODRIGUES, R. N. **Resposta hidrológica em cursos efêmeros no semiárido em função da cobertura vegetal e do padrão de chuva**. 2016. 72 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Ceará, Ceará, Fortaleza, 2016. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/19434/1/2016_dis_rnrodrigues.pdf. Acesso em: 29 mar. 2022.

RODRIGUES, V. A.; *et al.* Avaliação do escoamento e interceptação da água das chuvas. **Revista Irriga**, Botucatu, Edição Especial, 20 anos irriga + 50 anos FCA, p. 1-13, 2015. Disponível em: <https://irriga.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/1054>. Acesso em: 26 mar. 2022.

ROESCH, L. F. W.; *et al.* The Brazilian Pampa: A Fragile Biome. **Diversity**, [S.l.], v.1, p. 182-198, 2009. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1424-2818/1/2/182>. Acesso em: 13 abr. 2022.

SANTOS, C. G. **Desenvolvimento de um sistema de controle automático para simulador de chuva**. 2015. 144 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/7610?locale-attribute=es>. Acesso em: 31 jul. 2022.

SANTOS, E. H. M.; GRIEBELER, N. P.; OLIVEIRA, L. F. C. Relação entre uso do solo e comportamento hidrológico na Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 14, n. 8, p. 826–834, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/vbWrQ57Pf7SF5tbx6pmxPNq/?lang=pt>. Acesso em: 09 ago. 2022.

SARI, V.; *et al.* Interceptação da chuva em diferentes formações florestais na região sul do Brasil. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 21, n. 1, p. 65 – 79, jan./mar. 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbrh/a/WtJ4fgKQRpVRC3dpqZs6wLv/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 23 mai. 2022.

SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. **Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e Aplicações**. Ilhéus, BA: Editus, 2002. 293 p. *E-book*. Disponível em: http://www.uesc.br/editora/livrosdigitais2015/conceitos_de_bacias.pdf. Acesso em: 29 fev. 2022.

SHENG, H.; CAI, T. Influence of Rainfall on Canopy Interception in Mixed Broad-Leaved—Korean Pine Forest in Xiaoxing’an Mountains, Northeastern China. **Forests**, [S.l.], v. 10, n. 3, 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1999-4907/10/3/248>. Acesso em: 03 set. 2022.

SILVA, F. A. M.; *et al.* Dinâmica da água nas palhadas de milho, milheto e soja utilizadas em plantio direto. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 5, p. 717-724, maio 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/4X8HFk3S4tSh99S9hKNRKZc/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 03 set. 2022.

SILVA, G. O. **Análise comparativa da fauna de aranhas de solo em áreas de campo com e sem pastejo no Pampa Gaúcho**. 2017. 151 p. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2017. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/163719>. Acesso em: 26 ago. 2022.

SILVA JÚNIOR, U. P. **Partições pluviométricas nos cultivos de soja, milho e braquiária no município de Jataí (GO)**. 2013. 85 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Goiás, Jataí, GO, 2013. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/3276>. Acesso em: 31 ago. 2022.

SILVA JÚNIOR, U. P.; SCOPEL, I.; ASSUNÇÃO, H. F. Partições pluviométricas no cultivo de braquiária, no município de Jataí (GO). **Revista de Geografia**, UFJF, v. 5, n. 2, jul./dez., p. 105-117, 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufjf.br/index.php/geografia/article/view/17998>. Acesso em: 03 set. 2022.

SILVA, T. A. **Uso do solo e sua influência na qualidade da água e produção de sedimentos em reservatórios de abastecimento de água do município de Sorocaba – SP**. 2021. 82 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Sorocaba, SP, 2021.

Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/202646>. Acesso em: 23 jul. 2022.

SILVEIRA, A. K. C.; *et al.* Capacidade de Retenção de Água em Amostras de Diferentes Horizontes de Solo na Bacia do Rio Urucu – Amazonas. *In: PÉREZ, D. V.; MATTOS, J. S. R.; LIMA, R. A. Participação da Embrapa Solos em Congressos: Ano 2009.* Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos, p. 325-327, 2009. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/749003/participacao-da-embrapa-solos-em-congressos-ano-2009>. Acesso em: 25 jul. 2022.

SIMPSON, T. J.; FRANCIS, R. A. Artificial lawns exhibit increased runoff and decreased water retention compared to living lawns following controlled rainfall experiments. **Urban Forestry & Urban Greening**, [S.l.], v. 63, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1618866721002570>. Acesso em: 15 ago. 2021.

SINGH, S.; BHARDWAJ, A.; VERMA, V.K. Remote sensing and GIS based analysis of temporal land use/land cover and water quality changes in Harike wetland ecosystem, Punjab, India. **Journal of Environmental Management**, [S.l.], v. 262, p.1- 10, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479720302905?via%3Dihub>. Acesso em: 16 ago. 2022.

SOUZA FILHO, P. H.; *et al.* Avaliação do comportamento da água no solo sob diferentes metodologias. *In: II Seminário de Pesquisa e Inovação Tecnológica, Uberaba, MG, 2018. Anais [...], Uberaba, MG, v. 2, n. 1, set. 2018.* Disponível em: <https://periodicos.iftm.edu.br/index.php/sepit/article/view/599>. Acesso em: 09 ago. 2022.

SOUZA, K. B.; *et al.* Influência do uso e ocupação do solo na disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica do Rio Uruçuí-Preto, Piauí. **Nativa**, Sinop, v. 7, n. 5, p. 567-573, set./out. 2019. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/7181>. Acesso em: 23 mai. 2022.

SOUZA, L. P. M.; BORBA, A. W. Geoturismo em Caçapava do Sul (RS): proposta de trilhas interpretativas nas Guaritas do Camaquã. **Terr@Plural**, Ponta Grossa, v. 15, p. 1-24, 2021. Disponível em: <https://revistas.uepg.br/index.php/tp/article/view/16230>. Acesso em: 31 mar. 2022.

SOUZA, N. S.; SOUZA, W.J.; CARDOSO, J. M. S. Caracterização hidrológica e influência da cobertura do solo nos parâmetros de vazão do Rio das Fêmeas. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, [S.l.], v. 22, n. 3, p. 453-462, mai./jun. 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/jKBdnLybP3rCWK7rdfmftPy/?lang=pt>. Acesso em: 12 jun. 2022.

SPOHR, R. B. Construção e validação de um simulador de chuvas pendular de pequeno porte. *In: CAMARGO, M.; et al. (Orgs.). Engenharias na extensão universitária.* Santa Maria, RS: Facos – UFSM, p. 33-51, 2015. *E-book*. Disponível em:

https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/535/2020/01/EBOOK_EXTENSAOUNIVERSITARIA-Ibaixa.pdf. Acesso em: 15 fev. 2022.

SPOHR, R. B.; *et al.* Desenvolvimento e validação de um simulador de chuvas portátil. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 20, n. 2, p. 411–417, Porto Alegre, RS, abr./jun. 2015. Disponível em: <https://biblat.unam.mx/hevila/RBRHRevistabrasileiraderecursosohidricos/2015/vol20/n02/13.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2022.

STRECK, E. V. *et al.* **Solos do Rio Grande do Sul**. 2. ed. Porto Alegre: EMATER/RS, 2008. 222 p.

TENTARDINI, F. R. **Repartição da biomassa e respostas morfogênicas de *Paspalum notatum* ecótipo André da Rocha à disponibilidade de nitrogênio**. 2015. 74 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2015. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/130792>. Acesso em: 21 jul. 2022.

TRENTIN, A. B.; TRENTIN, C. B.; KRAMER, G. Análise da dinâmica espacial do uso da terra a partir de imagens da série Landsat nos municípios da Microrregião Campanha Central/RS. *In*: XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, INPE, 2017, Santos. **Anais** [...], Santos, SP, mai. 2017. Disponível em: <https://proceedings.science/sbsr/papers/analise-da-dinamica-espacial-do-uso-da-terra-a-partir-de-imagens-da-serie-landsat-nos-municipios-da-microrregiao-campanh?lang=pt-br>. Acesso em: 31 mar. 2022.

TSIKO, C. T.; *et al.* Measuring forest floor and canopy interception in a savannah ecosystem. **Physics and Chemistry of the Earth**, [S.l.], v. 47, n. 48, p. 122–127, 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474706511001148?via%3Dihub>. Acesso em: 25 jul. 2022.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **A Água**. São Carlos, SP: Scienza, 2020. 130 p. E-book. Disponível em: https://sbhsf.com.br/wp-content/uploads/2020/08/novo_A_AGUA.pdf. Acesso em: 31 fev. 2022.

VELÁSQUEZ, F., S.; JARAMILLO R., A. Redistribución de la lluvia en diferentes coberturas vegetales de la zona cafetera central de Colombia. **Revista Cenicafé**, [S.l.], v. 60, n. 2, p. 148-160, 2009. Disponível em: <https://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/213>. Acesso em: 26 jun. 2022.

VENIZIANI JUNIOR, J. C. T. **As relações entre precipitação, vazão e cobertura vegetal nas sub-bacias dos rios Jacaré-Pepira e Jaú**. 2018. 202 p. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, SP, 2018. Disponível em: file:///C:/Users/Usuario/Desktop/venizianijunior_jct_dr_rcla.pdf. Acesso em: 22 jun. 2022.

VICTORINO, C. J. A. **Planeta água morrendo de sede: uma visão analítica na metodologia do uso e abuso dos recursos hídricos**. Porto Alegre, RS: EDIPUCRS,

2007. 231 p. E-book. Disponível em:
<https://bibliodigital.unijui.edu.br:8443/xmlui/handle/123456789/1445>. Acesso em: 31 mai. 2022.

WELTER, C. I. **Impacto das atividades agropecuárias na biodiversidade no Bioma Pampa**. 2015, 24 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura Ciências Biológicas) - Universidade Federal da Fronteira Sul. Cerro Largo, RS, 2015. Disponível em: <https://rd.uffs.edu.br/handle/prefix/2559>. Acesso em: 05 set. 2022.

WREGE, M. S.; *et al.* (ed.). **Atlas Climático da região Sul do Brasil**: estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Brasília, DF: Embrapa, 2012.

ZHENG, Z.; *et al.* Influence of plant composition and water use strategies on green roof stormwater retention. **Science of the Total Environment**, [S.l.], v. 625, p. 775–781, 2018. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969717336653?via%3Dihub>. Acesso em: 29 ago. 2022.

ZOU, C. B.; *et al.* Canopy Interception for a Tallgrass Prairie under Juniper Encroachment. **PLoS ONE**, [S.l.], v. 10, n. 11. 2015. Disponível em:
<https://journals.plos.org/plosone/article/file?id=10.1371/journal.pone.0141422&type=printable>. Acesso em: 29 ago. 2022.