

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
AGR99006 – DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Júlia Rebelo Hauschildt

00274467

*“Manejo de solos de várzea, em sistema de rotação arroz e soja, com plantas de cobertura,
no Instituto Riograndense do Arroz (IRGA) – Cachoeirinha, RS”*

PORTO ALEGRE, outubro de 2022.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA**

AGR99006 – DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO

Júlia Rebelo Hauschildt

00274467

*“Manejo de solos de várzea, em sistema de rotação arroz e soja, com plantas de cobertura,
no Instituto Riograndense do Arroz (IRGA) – Cachoeirinha, RS”*

Supervisor de campo do Estágio: Eng. Agr. Pablo Gerzson Badinelli

Orientador Acadêmico do Estágio: Prof. Dr. Eng. Agr. Michael Mazurana

COMISSÃO DE AVALIAÇÃO

Prof. Pedro Selbach Depto. de Solos (Coordenador)

Prof. Alexandre Kessler Depto. de Zootecnia

Prof.^a Carine Simioni Depto. de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia

Prof. Clésio Gianello Depto. de Solos

Prof. José Antônio Martinelli Depto. de Fitossanidade

Prof.^a Renata Pereira da Cruz Depto. de Plantas de Lavoura

Prof. Sérgio Tomasini Depto. de Horticultura e Silvicultura

PORTO ALEGRE, outubro de 2022.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me permitido a vida e por abençoá-la com amor e fé todos os dias.

Agradeço aos meus pais, Rosângela Maria Rebelo Hauschildt e Júlio César Hauschildt, por serem responsáveis por todo e qualquer sucesso que obtive em minha vida, por sempre me mostrarem o valor do trabalho digno. Em especial, à minha mãe, esteio familiar, que luta bravamente para que eu e minha irmã tenhamos sempre acesso a ensino de qualidade.

Agradeço às minhas duas irmãs mais velhas, Mariane Oliveira e Thaís Hauschildt, que durante toda a minha vida me orientaram para que eu pudesse me tornar o que sou hoje.

Agradeço à Universidade Federal do Rio Grande do Sul e principalmente ao corpo docente da Faculdade de Agronomia, que ensinam muito além do que pode ser visto em sala de aula.

Agradeço ao meu colega e namorado, Rodrigo Camboim, que pacientemente esteve presente desde o início da jornada acadêmica dentro da UFRGS, me ensinando, apoiando e orientando para que eu pudesse chegar até aqui.

Agradeço à minha colega Gabriela Mendes, que desde o primeiro dia de aula esteve ao meu lado, durante toda a graduação, suportando toda e qualquer adversidade que poderíamos passar juntas, e a todos aqueles que não citarei os nomes, para que não esqueça de ninguém.

Por fim e muito importante, agradeço à minha amada companheira canina Milu (em memória), que por mais de 15 anos de minha vida esteve fielmente ao meu lado, e mesmo sem poder dizer qualquer palavra, me ensinou tanto sobre tantas coisas.

Dedico o presente trabalho a todos citados acima, sem vocês, com certeza, eu jamais teria chegado até aqui.

“N3o h3a bem que sempre dure, nem mal que nunca se
acabe.”

Prov3rbio Portugu3s.

RESUMO

O estágio foi realizado na Estação Experimental do Arroz do Instituto Riograndense do Arroz (IRGA), no município de Cachoeirinha, RS; no período de 19/04/2021 até 29/01/2022, sob a supervisão do Engenheiro Agrônomo Pablo Gerzson Badinelli e a orientação acadêmica do professor Michael Mazurana. O objetivo do estágio foi realizar atividades relacionadas ao manejo de plantas de cobertura de inverno em área de várzea, visando o sistema orizícola em rotação com soja, através de planejamento e desenvolvimento de experimentos a campo e em laboratório de física do solo.

Palavras-chave: várzea; soja; rotação.

LISTA DE TABELAS

- 1. Umidade do solo nos diferentes tratamentos..... 29**

LISTA DE FIGURAS

1.	Localização do município de Cachoeirinha, RS.....	11
2.	Prática alternativa de drenagem.....	15
3.	Raiz de nabo forrageiro em final de ciclo.....	16
4.	Medidor eletrônico de umidade do solo Hidrofarm.....	18
5.	Croqui da área experimental.....	20
6.	Imagem por satélite da área experimental.....	21
7.	A: Mix I: Aveia branca, aveia preta, centeio, nabo e nabo forrageiro. B: Trevo persa e azevém. C: Mix II: Ervilha Iapar, aveia branca, centeio e nabo. D: Azevém.....	22
8.	Medição de umidade do solo.....	23
9.	Penetrômetro Falker.....	24
10.	Pontos ilustrativos de medições de penetrômetro.....	25
11.	Dessecação das plantas de cobertura.....	26
12.	Profundidade de semeadura.....	27
13.	Gráfico de resistência do solo à penetração (RP).....	28

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO	10
2.1 Município de Cachoeirinha, RS.....	10
2.2 Condições edafoclimáticas	11
2.3 Solos.....	11
3. HISTÓRIA E CARACTERIZAÇÃO DA INSTITUIÇÃO	12
3.1 Instituto Riograndense do Arroz.....	12
4. REFERENCIAL TEÓRICO	13
4.1 Fertilidade	13
4.2 Solos de várzea	14
4.3 Utilização agrícola dos solos de várzea do Rio Grande do Sul	14
4.4 Drenagem para manejo de solo e cultivo de soja	15
4.5 Compactação em solos de várzea.....	15
4.6 Descompactação biológica	16
4.7 Descompactação mecânica.....	17
4.8 Avaliação de resistência mecânica do solo à penetração.....	17
4.9 Soja em áreas de várzea	17
4.10 Determinação do conteúdo de água no solo.....	18
5. ATIVIDADES REALIZADAS	19
5.1 Preparo da área.....	21
5.1.1 Plantas de cobertura	21
5.1.2 Adubação e semeadura das plantas de cobertura	22
5.1.3 Medições de umidade do solo.....	23
5.1.4 Medição da resistência mecânica do solo à penetração (RP).....	24
5.1.5 Determinação do conteúdo de água no solo.....	25
5.2 Soja em solo de várzea	26
5.2.1 Preparo da área para cultivo da soja.....	26
5.2.2 Adubação e semeadura da soja.....	27
5.2.3 Avaliação do estande de plantas	27
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
6.1 Resistência mecânica do solo à penetração (RP).....	28

6.2 Resultados de umidade do solo	29
6.3 Tomada de decisão com base nos resultados.....	29
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	30
REFERÊNCIAS BIBLIGRÁFICAS	31

1. INTRODUÇÃO

Plantas de cobertura dentro do sistema de produção representam uma boa prática de manejo conservacionista. Reconhecer o correto desempenho dessa prática é fundamental para criar um sistema mais produtivo e sustentável, possibilitando, inclusive, a integração lavoura-pecuária. O consórcio de gramíneas e leguminosas é uma alternativa factível, visando melhorar a fertilidade e a variabilidade microbiológica do solo em áreas de várzea, e também reduzir os custos de adubos nitrogenados das lavouras, considerando, em qualquer situação, a viabilidade econômica de todas as práticas adotadas no sistema. Áreas de várzea que, no passado, contavam com sucessão de arroz irrigado-pousio-arroz irrigado e assim sucessivamente, depararam-se com a expressiva incidência de plantas daninhas. Como alternativa de manejo visando reduzir o banco de sementes das plantas daninhas, a implantação de soja nessas áreas se mostrou promissora; na safra de 2020/2021, as produtividades de soja em rotação com arroz irrigado alcançaram recordes (IRGA, 2021). Nesse contexto, o objetivo do trabalho foi acompanhar um sistema de rotação arroz-soja com avaliações químicas, físicas e mecânicas relacionadas ao manejo das plantas de cobertura que sucedem as culturas da soja e arroz.

2. CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO

2.1 Município de Cachoeirinha, RS

A Estação Experimental do Instituto Riograndense do Arroz (IRGA) está localizada no município de Cachoeirinha, RS (Figura 1). O município está localizado na Depressão Central do Estado, com relevo suave ondulado, e altitude média de 10 m (TEIXEIRA *et al.*, 1986). Pertence à região metropolitana de Porto Alegre, com distância de 19 km até o centro da capital, e área territorial de 44,018 km², e faz divisa com os municípios de Alvorada, Canoas, Esteio, Gravataí e Sapucaia do Sul, recebendo destaque por sediar a Estação Experimental do IRGA, instituição estadual importante para o produtor gaúcho.

Figura 1 – Localização do município de Cachoeirinha, RS.



Fonte: Adaptado de Wikipédia (2022).

2.2 Condições edafoclimáticas

O clima da região, segundo a classificação de Köppen-Geiger, é Cfa, ou seja, clima subtropical úmido com típicos verões quentes e chuvas distribuídas em todos os meses do ano, temperatura média de 22 °C nos meses mais quentes do ano e 10 °C nos meses mais frios (WIKIPEDIA, 2022). Ainda, com precipitação média de 1.500 mm ano⁻¹, segundo o IRGA [2022?].

2.3 Solos

Os solos encontrados na região são como Planossolos caracterizado por horizonte superficial de cores claras, com textura arenosa seguido de horizonte B plânico até textura média argilosa ou muito argilosa, coloração acinzentada em função do recorrente processo de redução pela má drenagem característica do solo (KLAMT; KÄMPF; SCHNEIDER, 1985). Em associação aos Planossolos, há os Gleissolos, oriundos de minerais formados em condições de saturação por água, que ocorrem em áreas mais baixas e apresentam horizonte cinzento (glei) (ZANON *et al.*, 2018).

3. HISTÓRIA E CARACTERIZAÇÃO DA INSTITUIÇÃO

3.1 Instituto Riograndense do Arroz

O Instituto Riograndense do Arroz nasceu a partir da iniciativa do Sindicato Arrozeiro do Rio Grande do Sul, com o objetivo de dinamizar, desenvolver tecnologias, defender os segmentos da orizicultura e prestar assistência técnica aos seus produtores, sendo criado como entidade pública, no dia 20 de junho de 1940, o IRGA. A instituição é mantida pela taxa de cooperação e defesa da orizicultura, custo ao produtor que oferece retornos em tecnologias importantes para o desenvolvimento da cultura.

As pesquisas desenvolvidas na Estação Experimental do Arroz são de extrema importância para o desenvolvimento da cultura do arroz, e tiveram início entre as décadas de 1940 a 1960 com cultivares advindas dos EUA, Itália e Japão.

A instituição lançou oito novas cultivares de arroz na década de 1960, marco importante para o produtor orizícola do Estado, provando-se eficiente no desenvolvimento de novas genéticas relacionadas a boas produtividades. Com o avanço, a instituição fortaleceu o intercâmbio técnico com outras instituições importantes, como a EMBRAPA e o Instituto Internacional de Investigação do Arroz.

A instituição dedica-se aos interesses e às necessidades do produtor, sendo a rotação de culturas uma necessidade, em virtude da alta incidência de plantas daninhas nas lavouras de arroz. A rotação objetiva reduzir o banco de sementes das plantas daninhas presentes nas áreas; devido a isso, o desenvolvimento de cultivares de soja adaptadas a solos arrozeiros se tornou objeto de estudos na Estação Experimental do Arroz desde 2004.

O primeiro lançamento de uma cultivar comercial de soja para utilização em solos arrozeiros foi a TECIRGA 6070 RR, resultado de uma parceria entre a instituição IRGA e a CCGL TC (VEDELAGO *et al.*, 2013). Desde então, estudos no segmento de cultivares de soja tolerantes a períodos curtos de alagamento, juntamente com sistemas de diversificação de culturas tem sido uma constante na instituição, além da manutenção das pesquisas voltadas a cultura principal, o arroz.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Fertilidade

O conhecimento sobre os atributos químicos e físicos do solo fazem parte da primeira etapa para o manejo antecipado efetivo, objetivando que a cultura em desenvolvimento não sofra em decorrência de má fertilidade. Diferentes culturas possuem suas próprias características quanto ao manejo da fertilidade; no caso do arroz alagado, a condição de disponibilidade de nutrientes é peculiar quando comparada ao manejo do sequeiro. Avaliando todo o sistema de sucessão de soja – plantas de cobertura – arroz irrigado, é ainda mais importante que cada necessidade das diferentes culturas seja atendida de maneira efetiva.

A avaliação da acidez do solo e da necessidade de correção dela em solos hidromórficos é fator-chave no manejo da adubação e boa relação entre o cultivo da soja em rotação com o arroz irrigado. No cultivo da soja, não é desejado que o solo passe por períodos de alagamento, ao contrário da gramínea, que depende da inundação para o bom desenvolvimento. Nesse caso, o alagamento promove a chamada “autocalagem” do solo, que é o processo de estabilização do pH (pH entre 6 e 7) de maneira natural, por redução de compostos químicos presentes no solo. Nesta situação de solo alagado, os microrganismos anaeróbicos presentes utilizam compostos oxidados como receptores finais de elétrons, consumindo os íons de H^+ e liberando OH^- ; por consequência, o pH do solo é elevado até 6 e 7, cujo processo todo ocorre no período aproximado de 10 a 20 dias de alagamento. Para o cultivo da soja, a correção de acidez do solo é uma das operações indispensáveis para o desenvolvimento da cultura e, conseqüentemente, o alcance de bons rendimentos (VEDELAGO *et al.*, 2012; THOMAS & LANGE, 2014).

A disponibilidade de N (Nitrogênio) para o cultivo da soja é inteiramente afetada pela falta de oxigenação nos nódulos das raízes, condição que ocorre nos momentos de má drenagem do solo. A presença de muita água, e por consequência de falta de aeração, afeta a atividade enzimática da Nitrogenase, o que acarreta prejuízo do suprimento de ATP, que ocorreria pela respiração aeróbica (THOMAS & LANGE, 2014).

O alagamento do solo proporciona aumento na disponibilidade de P (Fósforo) pela dissolução de óxidos e que, como consequência, libera o fósforo adsorvido em superfície. Porém, essa disponibilidade não permanece para os próximos cultivos de sequeiro. Quando o P é aplicado em orientações técnicas de 1º cultivo da cultura da soja, o residual, após o final

do ciclo, pode apresentar índices maiores do que o necessário para o arroz (VEDELAGO *et al.*, 2013; THOMAS & LANGE, 2014).

Juntamente com o nitrogênio e o fósforo, o potássio é de grande demanda para a cultura do arroz. De acordo com Vedelago *et al.* (2012), aproximadamente 40% dos solos gaúchos são bem supridos de K (Potássio), e apenas 20% dessas áreas são de fato deficitárias e exigem complementação com fertilizantes potássicos (VEDELAGO *et al.*, 2013).

4.2 Solos de várzea

No Rio Grande do Sul, os solos de várzea representam aproximadamente 20% da área total do Estado. Os Planossolos (incluindo Gleissolos associados) são as áreas mais representativas, com 56% do total de áreas de várzea; em seguida, são os Chernossolos, com 16,1%; Neossolos, com 11,6%; Plintossolos, com 8,3%; Gleissolos, com 7,1%; e Vertissolos, com 0,9% (PINTO; LAUS NETO; PAULETTO, 2004).

A principal característica dos solos de várzea é a má drenagem, e, em consequência, o hidromorfismo. A intensidade do hidromorfismo pode ser avaliada através da coloração do solo – quando a cor é acinzentada, é um forte indicativo de gleização e, ainda, de máximo hidromorfismo. Quando com coloração brunada/marrom ou avermelhada, compreende-se a diminuição do caráter hidromórfico. Terras baixas (várzeas) localizadas em cotas mais altas e ainda em desnível, possuem melhores condições de drenagem (KLAMT; KÄMPF; SCHNEIDER, 1985).

4.3 Utilização agrícola dos solos de várzea do Rio Grande do Sul

Solos de várzea são majoritariamente ocupados com pastagens nativas em sucessão ao cultivo do arroz irrigado, alterando-se as proporções de acordo com a região produtora. Verifica-se que, para a área de 5,4 milhões de hectares de várzea no Estado, aproximadamente três milhões de hectares apresentam aptidão para receber o cultivo de arroz (MUNDSTOCK *et al.*, 2018), e deste total apenas um milhão tem sido destinado ao cultivo da cultura, em função da disponibilidade de água para irrigação por inundação.

O Rio Grande do Sul é o maior produtor de arroz irrigado do Brasil, responsável por mais da metade da produção do grão, detentor dessa posição em inúmeras safras, assim como na última, em 2020/2021 (CONAB, 2021). É importante ressaltar que as questões

edafoclimáticas do Rio Grande do Sul também contribuem para que a alta produção dessa cultura seja possível.

4.4 Drenagem para manejo de solo e cultivo de soja

Solos de terras baixas apresentam, naturalmente, facilidade de saturação por água, em razão da drenagem ineficiente após períodos de alagamento (Figura 2) (MENTGES *et al.*, 2013). Almejando bons rendimentos de grãos da soja, faz-se necessário o manejo de drenagens, sobretudo, em períodos de maior precipitação (VEDELAGO *et al.*, 2013; THOMAS & LANGE, 2014), bem como em função dos estádios críticos de desenvolvimento da planta.

A adoção de práticas que auxiliem na drenagem das áreas em situações de alagamento é imprescindível para a diversificação de culturas em solos de várzea. Como manejo alternativo, além da utilização de microcamalhões, estão os drenos (Figura 2), que, se feitos de acordo com a topografia da área, exercem sua função de maneira eficiente (SILVA & PARFITT, 2004). Juntos, microcamalhões e drenos tem efeito significativo na melhoria da drenagem do solo tanto para manejo destinado ao preparo para receber ou arroz ou soja.

Figura 2 – Prática alternativa de drenagem.



Fonte: A autora (2021).

4.5 Compactação em solos de várzea

A má drenagem de áreas de várzea está associada ao relevo predominantemente plano, camada superficial pouco profunda e subsuperficial praticamente impermeável

(PAULETTO *et al.*, 1999). A intensa atividade no preparo de solos de cultivos em várzea, ao longo dos anos, tem apresentado potencial de promover compactação subsuperficial do solo, fato que dificulta a aeração e movimentação da água nos diferentes perfis do solo (PAULETTO *et al.*, 1993). Isso acontece pois há aumento da densidade do solo e redução da porosidade total e sua agregação (PAULETTO *et al.*, 2005; LIMA; HOOGMOED; BRUSSARD, 2008; BAMBERG *et al.*, 2009).

Por se tratarem de solos com textura média e arenosa, associado ao elevado grau de mobilização do solo para dar condições de plantabilidade na cultura do arroz ou da soja, tem potencializado a ocorrência de selamento superficial do solo especialmente nas lavouras de soja. O selamento resulta no impedimento de infiltração da água no solo bem como no impedimento mecânico para a germinação das sementes de soja (MUNDSTOCK *et al.*, 2018).

4.6 Descompactação biológica

A descompactação biológica é um processo em que raízes de plantas são utilizadas como agentes rompedores de camadas adensadas ou compactadas e, com o final do seu ciclo e a decomposição, deixam galerias, macroporos e agentes cimentantes. A associação de plantas com desenvolvimento de raízes pivotantes e fasciculadas têm se apresentado como de excelente aptidão para o rompimento das camadas e são boas opções de culturas para a descompactação (Figura 3). Entre as espécies, destaca-se a aveia, o centeio e o nabo forrageiro (KOCHHANN; DENARDIN; SERTON, 2000).

Figura 3 – Raiz de nabo forrageiro em final de ciclo.



Fonte: Badinelli (2021).

4.7 Descompactação mecânica

A descompactação mecânica tem por premissa o uso de ferramentas mecânicas com implementos agrícolas que, por o implemento utilizado seja capaz de operar em profundidade maior à da camada compactada, rompendo-a mecanicamente (KOCHHANN; DENARDIN; SERTON, 2000). Essa operação, isolada, tem baixo potencial de perdurar no tempo, uma vez que ela apenas rompe uma camada compactada em “pedaços” menores, mas igualmente compactos. A melhoria da estrutura física do solo, aqui retratada como qualidade física do solo, dá-se pela associação das duas práticas: a mecânica e a biológica.

4.8 Avaliação de resistência mecânica do solo à penetração

A avaliação de resistência mecânica do solo à penetração (RP) é um fator importante na determinação do manejo a ser adotado nas diferentes culturas. Em campo, essa avaliação apresenta dificuldades na sua determinação, em face dos penetrômetros não serem capazes de isolar o fator umidade nas diferentes profundidades do solo (KLEIN, 2012).

Valores de resistência à penetração de 2.000 Kilopascals (kPa) ou mais elevados tem se apresentado como restritivos ao crescimento radical das plantas, apresentando comprometimento na produtividade de diversas culturas (LAPEN *et al.*, 2004).

4.9 Soja em áreas de várzea

A valorização do grão tem se mostrado atrativa para produtores de arroz, que viram na cultura da soja além de uma ferramenta de manejo de plantas daninhas, também uma oportunidade econômica. No passado, a implantação do cultivo da soja apresentou dificuldades para o estabelecimento devido à intolerância da soja aos solos de várzea, ainda hoje presentes, mas melhor entendida e com protocolos de manejo que permitem seu cultivo em solos com algum grau de alagamento. Insta destacar que o controle de plantas daninhas, insetos-praga e doenças é uma das principais vantagens encontradas da rotação de arroz e soja (MUNDSTOCK *et al.*, 2018).

Solos inundados restringem o fornecimento de O₂ ao sistema radicular da planta, inviabilizando a produção de carboidratos essenciais e ATP. A drenagem total ou parcial abriu uma importante frente de pesquisa e de trabalho que, somada à seleção de materiais tolerantes ao alagamento por curtos períodos, tem e vem expandido a área com soja em áreas

de várzea. Com base nos conhecimentos fisiológicos e morfológicos da planta, programas de melhoramento vêm realizando testes de seleção para novos genótipos que sejam capazes de tolerar, em diferentes níveis, o estresse por excesso hídrico (THOMAS & LANGE, 2014).

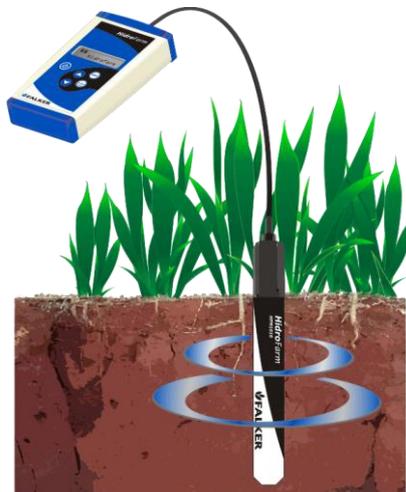
4.10 Determinação do conteúdo de água no solo

O método padrão para a avaliação da umidade do solo é a pesagem, onde uma massa de solo úmida é coletada, acondicionada em embalagens e seca em estufas. A relação entre a massa de solo úmido e de solo seco gera a informação da quantidade de água, em base de massa, presente na massa de solo (KLEIN, 2012).

Metodologias alternativas como a determinação do conteúdo de água do solo de forma indireta têm sido desenvolvidas por diferentes pesquisas. Empresas também usam do conhecimento base para construção de dispositivos que estimam e informam o conteúdo de água no solo. Um destes dispositivos é o Hidrofarm (Figura 4), desenvolvido pela Falker Automação Agrícola.

O método de leitura dos teores de água no solo via eletromagnetismo se dá através de múltiplos sensores presentes na régua do aparelho, porção que fica completamente inserida em profundidade de 20 cm, como ilustra a Figura 4. Os sensores medem a impedância do solo em alta frequência, através da emissão de ondas eletromagnéticas e análise à resposta do solo. Para que as leituras sejam confiáveis, é necessário que o aparelho seja mantido no mesmo lugar durante todas as repetições de leituras (FALKER, 2022).

Figura 4 – Medidor eletrônico de umidade do solo Hidrofarm.



Fonte: Adaptado de Falker (2022).

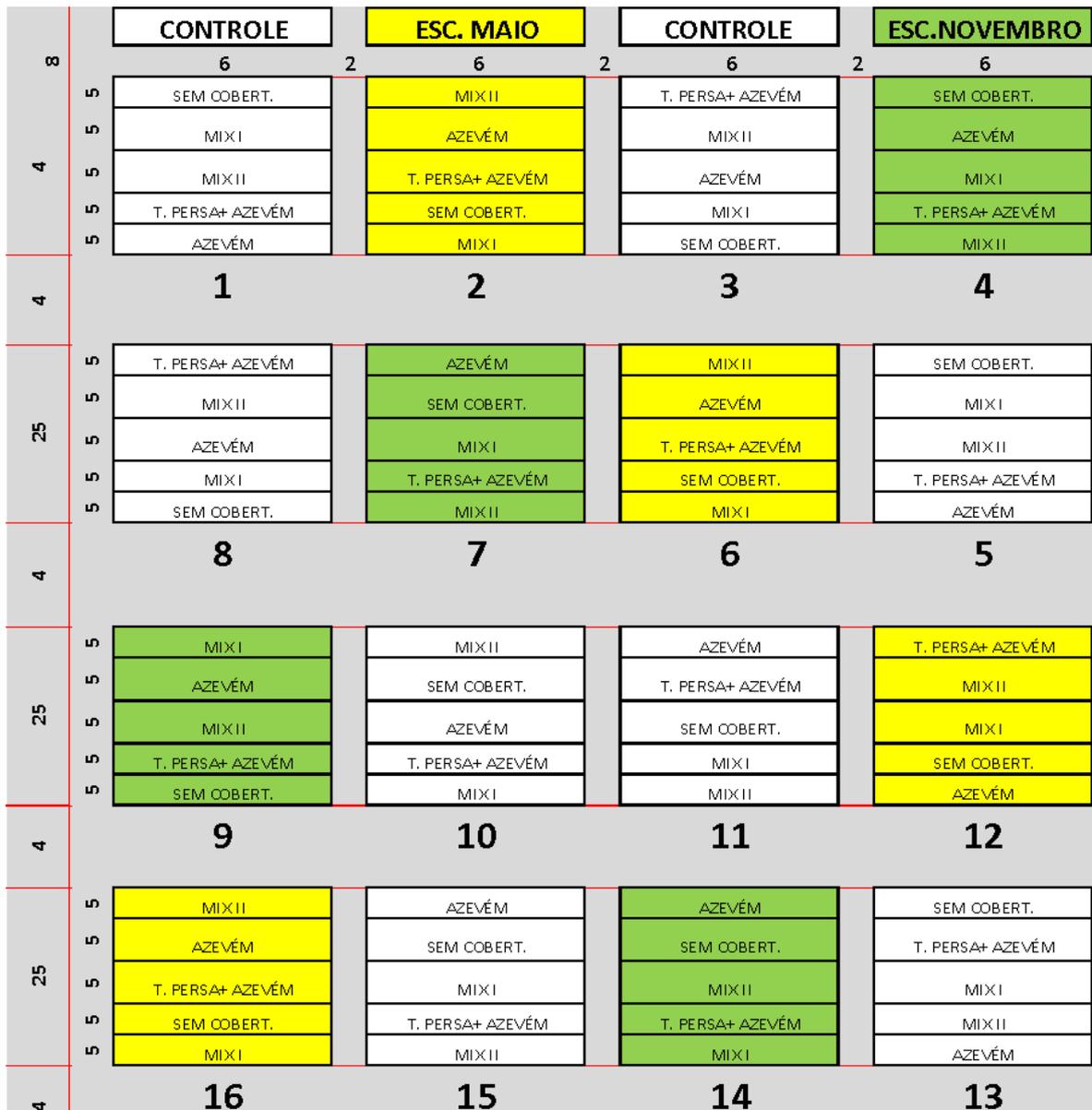
5. ATIVIDADES REALIZADAS

As atividades realizadas na Estação Experimental do Arroz (EEA) durante o período de estágio permitiram o acompanhamento parcial de alguns experimentos, com ênfase no experimento denominado “Épocas de escarificação”. Esse acompanhamento seguiu-se da coleta de dados de experimentação agrícola que subsidiarão o desenvolvimento de protocolos junto a outros polos de pesquisa no Estado, bem como respostas para produtores que enfrentam problemas desta natureza. Este consiste em avaliação do sistema como um todo, visando correlacionar incrementos nas produtividades, estabelecimento efetivo das culturas, manejo de plantas daninhas e demais pragas.

O sistema de “épocas de escarificação” foi projetado da seguinte forma: implantação de diferentes espécies de plantas de cobertura e diferentes épocas de escarificação mecânica, objetivando avaliar quais seriam os níveis de descompactação que cada tratamento proporcionaria para a entrada do cultivo da soja na área.

A área experimental possui três tratamentos com cinco subdivisões, como ilustram as Figuras 5 e 6, sendo em nível de época de escarificação (escarificador de 5 hastes com 30 cm de profundidade \pm 5 cm): controle, escarificação em maio e escarificação em novembro (dia da semeadura). As cinco subdivisões, em diferentes coberturas, sendo elas: sem cobertura; mix I (aveia branca, aveia preta, centeio, nabo e nabo forrageiro); mix II (ervilha Iapar, aveia branca, centeio e nabo); trevo Persa consorciado ao azevém sementado; e somente azevém. O tratamento “controle” repetiu-se em função de intensa ocorrência de chuvas durante as atividades; anteriormente, na proposta, era incluso o tratamento “escarificação em agosto”. A área experimental não apresentou níveis de friabilidade do solo para entrada de maquinário. Assim, serão citadas as avaliações a campo e em laboratório, ambas realizadas durante o período de estágio.

Figura 5 – Croqui da área experimental.



Fonte: Badinelli (2021).

Figura 6 – Imagem por satélite da área experimental.



Fonte: Field Area Measure (2021).

5.1 Preparo da área

A área utilizada para a realização do experimento possui histórico de cultivo de arroz irrigado, que comumente apresenta toxidez causada pelo Al^{3+} ; já a soja apresenta sensibilidade a tal toxidez, com comprometimento ao seu desenvolvimento (MUNDSTOCK *et al.*, 2018). Por essa razão, a correção da acidez do solo foi realizada com calcário dolomítico, segundo as indicações técnicas do Manual de Calagem e Adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (CQFS, 2016).

5.1.1 Plantas de cobertura

As plantas de cobertura utilizadas (Figura 7) vislumbram diferentes cenários, nesse sentido, de diferentes famílias, visando a análise de qual a espécie apresente melhor custo-benefício de utilização na entressafra de arroz e soja, no intuito de romper camadas compactadas e/ou viabilidade de rentabilizar o cultivo durante o inverno, sendo a forma mais

apropriada a utilização pecuária da cultura implantada na entressafra. É importante ressaltar que o pastejo, em condições adequadas de lotação, incrementa raiz no sistema, ou seja, é economicamente viável e tecnicamente recomendado. Ressalta-se que os mixes de sementes foram cedidos por empresa privada, sem possível escolha de quais seriam as espécies presentes em cada mix.

Figura 7 – A: Mix I: Aveia branca, aveia preta, centeio, nabo e nabo forrageiro. B: Trevo persa e azevém. C: Mix II: Ervilha Iapar, aveia branca, centeio e nabo. D: Azevém.

A:



B:



C:



D:



Fonte: A autora (2021).

5.1.2 Adubação e semeadura das plantas de cobertura

A adubação das plantas de cobertura foi realizada um dia antes da ressemeadura, de acordo com o Manual de Calagem e Adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (CQFS, 2016). Para isso, utilizou-se o fertilizante formulado NPK (Nitrogênio – Fósforo – Potássio) 9-23-30, com aplicação a lanço.

A semeadura das sementes foi realizada a lanço, e a quantidade de sementes utilizadas esteve de acordo com a recomendação da cultivar, porém, posteriormente, foi

necessária a realização de ressemeadura em função da ocorrência de fortes chuvas ocorridas dias após a semeadura, que reduziram muito a população de plantas emergidas.

Uma vez estabelecida a cobertura de solo, foi realizado a adubação de cobertura com Nitrogênio na forma de ureia 45-00-00, realizada ao início do perfilhamento das aveias e do azevém, subdividindo a dose com reaplicação 30 dias após a primeira.

5.1.3 Medições de umidade do solo

Foram realizadas medições da condição de umidade do solo por meio de medidor eletrônico Hidrofarm (Figura 4), que mede a impedância do solo em alta frequência, na profundidade de 20 cm, através da emissão de ondas eletromagnéticas, gerando médias (Figura 8) em função da resposta do solo às ondas emitidas (FALKER, 2022).

As medições de umidade foram realizadas de forma periódica, ocorrendo a cada dois dias, exceto em casos de altas precipitações, em que o solo estaria saturado. As avaliações tinham como objetivo avaliar qual tipo de cobertura melhor mantivesse o teor de água presente no solo, para que, posteriormente, durante o desenvolvimento da soja, se pudesse correlacionar qual área de diferente cobertura responderia melhor em eventos de déficit hídrico. Os dados coletados foram compilados em planilhas para tratamento estatístico posteriormente.

Figura 8 – Medição de umidade do solo.



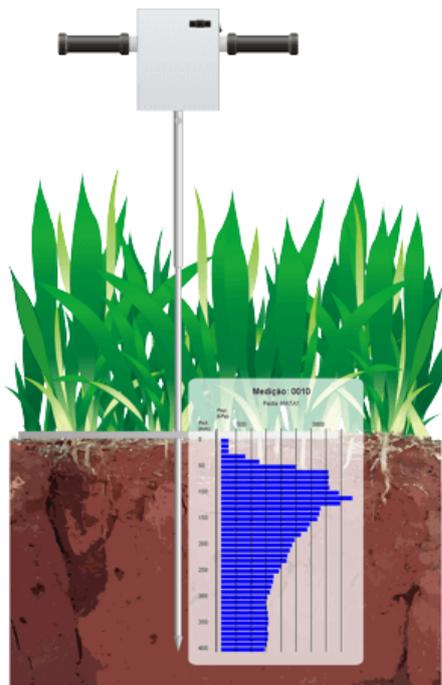
Fonte: A autora (2021).

5.1.4 Medição da resistência mecânica do solo à penetração (RP)

Os decréscimos na produtividade devido à compactação do solo em lavouras são difíceis de serem mensurados, em função da complexidade em isolar tal fator na avaliação. Segundo Forsythe & Huertas (1979), níveis de resistência à penetração acima de 2,1 Mpa (2100 kPa) e umidade de capacidade de campo de 52% para solos com textura franco-argilosa, atuam na redução da produção de grãos, matéria seca e formação de raízes no feijoeiro. Esses valores podem sofrer pequenas variações para mais ou para menos em função do tipo de solo e da cultura utilizada.

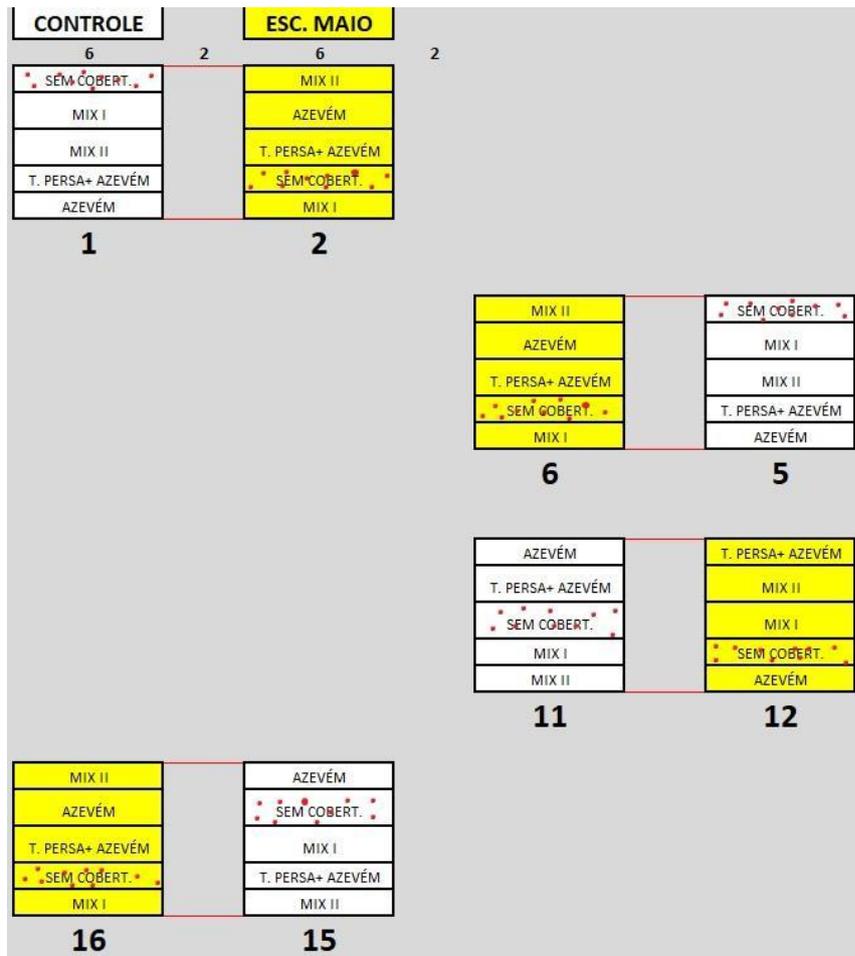
Durante o período de atividades do estágio, foram coletadas informações de resistência mecânica do solo à penetração do solo por meio do penetrômetro (Figura 9). Esses dados precisam ser associados à condição de umidade do solo para ter validação e aplicabilidade. As medições foram realizadas nos tratamentos “controle – sem cobertura” e “escarificação em maio – sem cobertura”, com o objetivo de mensurar os níveis de compactação para avaliar a possibilidade de desenvolvimento de raízes das culturas nas diferentes profundidades. A medição foi realizada 60 dias após a escarificação de maio, realizando dez repetições em pontos aleatórios de cada subparcela dos dois tratamentos nos quatro blocos, como ilustra a Figura 10, numa profundidade de 0,4 m.

Figura 9 – Penetrômetro Falker.



Fonte: Adaptado de Falker (2022).

Figura 10 – Pontos ilustrativos de medições de penetrômetro.



Fonte: A autora (2021).

Os dados obtidos através da medição realizada compõe uma parte da primeira etapa para análise do trabalho. Contudo, em detrimento do período de estágio, não foi possível obter correlações sobre os diferentes tratamentos, uma vez que o período de estágio finalizou bem antes das últimas avaliações projetadas.

5.1.5 Determinação do conteúdo de água no solo

Em cada momento que eram determinados os valores de RP, também eram determinados os valores de conteúdo de água do solo. O método utilizado foi o padrão, segundo Klein (2012), o qual é mais utilizado para a determinação de teor de água no solo, relação de solo úmido e solo seco com secagem em estufa a 105 °C no período mínimo de 24h.

As amostras eram coletadas nas profundidades de 0-10 cm, 10-20 cm e 20-30 cm, cinco amostras em cada tratamento de somente dois blocos (parcelas 1, 2, 5 e 6). As amostras eram levadas ao laboratório e, posteriormente, processadas.

5.2 Soja em solo de várzea

O interesse pelo cultivo de soja em solos prioritariamente destinados ao cultivo arrozeiro surgiu pelo incremento econômico da cultura nos últimos anos, aliado aos benefícios do manejo fitossanitário do sistema.

O controle de pragas nas lavouras arrozieras tornou-se peça-chave na mais eficiente produtividade, tendo na rotação com a soja e plantas de cobertura, ao invés de pousio, uma boa alternativa de manejo.

5.2.1 Preparo da área para cultivo da soja

Ao final do ciclo das plantas de cobertura foi realizada a dessecação (Figura 11) nos sete dias anteriores à semeadura da soja. Para tal foi utilizado um trator John Deere 5078, 4x2 com tração dianteira auxiliar e um pulverizador de barras, acoplado ao sistema hidráulico de três pontos do trator. Para dessecação foi usado glifosato na dose de 2.100 g de ingrediente ativo por hectare e volume de calda de 120 L/ha. Para as áreas escarificadas, o tratamento de escarificação no chamado “dia 0”, se deu no mesmo dia em que foi realizada a semeadura.

Figura 11 – Dessecação das plantas de cobertura.



Fonte: A autora (2021).

5.2.2 Adubação e semeadura da soja

A semeadura da cultivar BS IRGA 1642 PRO foi realizada numa profundidade média de 3 cm (Figura 12) com adubação de base (próxima à linha de semeadura), sendo utilizada a fórmula NPK 5-30-20. Leguminosas como a soja obtêm a maior parte da sua necessidade de N via fixação biológica, que é realizada por bactérias promotoras de nodulação (VEDELAGO *et al.*, 2013), como as do gênero *Rhizobium* e *Bradirhizobium*. Essas bactérias comercializadas por meio de inoculantes líquidos e turfosos são pulverizadas ou misturadas às sementes no dia da semeadura.

Figura 12 – Profundidade de semeadura.



Fonte: Badinelli (2021).

5.2.3 Avaliação do estande de plantas

A avaliação do estande de soja ocorreu de forma visual, diariamente, onde eram contados em campo, em dois metros de linha dentro de cada parcela, o número de sementes germinadas e emergidas. Essa tarefa prolongou-se para também o acompanhamento dos diferentes estádios da planta, além do monitoramento de pragas e doenças.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

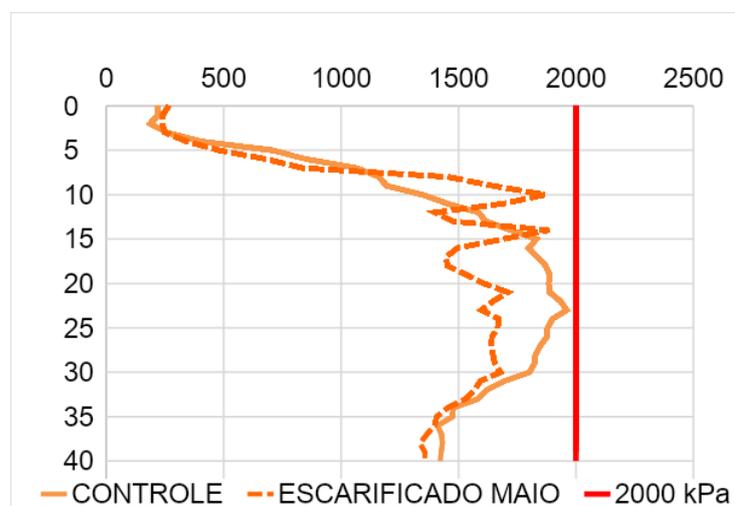
6.1 Resistência mecânica do solo à penetração (RP)

A partir das atividades realizadas e dos resultados parciais do experimento, foi possível observar os resultados de RP nos tratamentos “controle – sem cobertura” e “escarificação em maio – sem cobertura”, conforme Figura 13.

Ambos os tratamentos não apresentaram valores de RP acima dos considerados restritivos ao desenvolvimento de plantas, ou seja, de 2000 kPa, para nenhuma das camadas avaliadas. Esses valores de RP foram obtidos considerando a condição de umidade do solo dentro da faixa de friabilidade, o que significa dizer que haviam perfeitas condições físicas para o desenvolvimento pleno da planta e para que ela expressasse seu máximo potencial produtivo.

Conhecer os níveis de compactação do solo e a localização dos mesmos no perfil é importante para o manejo de qualquer cultivo, podendo ser necessário optar, nas entressafras, por plantas de cobertura que auxiliem na descompactação, caso necessário ou, se for o caso, intervenção mecânica associada às plantas da cobertura. Um dos critérios de escolha entre a descompactação mecânica e biológica é o aporte de nutrientes pela espécie vegetal escolhida, a qual poderá enriquecer a microbiologia do sistema. Em casos de elevados graus de compactação (acima de 2500 kPa, mesmo em condição de umidade na faixa de friabilidade do solo), o uso de ferramentas mecânicas é mais adequado.

Figura 13 – Gráfico de resistência do solo à penetração (RP).



Fonte: Badinelli (2021).

6.2 Resultados de umidade do solo

Nas coletas de solo para análise de umidade concomitante aos níveis de RP, em toda a profundidade de 0-30 cm, o tratamento com escarificação em maio, sem cobertura, apresentou maior teor de água retida, sendo possível relacionar o resultado com as características dos solos de várzea citados anteriormente. No tratamento escarificado, houve formação de macroporos por conta da operação mecânica, permitindo infiltração e retenção de água, enquanto no tratamento controle – sem cobertura, pode ter ocorrido menor infiltração pelo selamento subsuperficial (Tabela 1).

Tabela 1 – Umidade do solo nos diferentes tratamentos.

	Média 0-10 cm	Média 10-20 cm	Média 20-30 cm
CONTROLE %	9,6	8,8	9,2
ESCARIFICADO %	10,0	9,2	9,8

Fonte: A autora (2021).

6.3 Tomada de decisão com base nos resultados

Os resultados obtidos implicam leves alterações físicas e umidade do solo, ou seja, apesar de não os dados não comportarem uma análise estatística, observou-se que as pequenas variações nos tratamentos estão mais associadas ao tipo de solo do que ao manejo de solo aplicado. Optar ou não pela escarificação é de grande complexidade e uma decisão ainda realizada sem muito critério técnico/científico quando se fala em lavouras comerciais. Ao serem conduzidos os experimentos, foi possível compreender a minuciosidade dos dados coletados e o quanto são variáveis dentro de um sistema diverso.

Com base nos dados a decisão, se tomada de forma isolada, seria a de não escarificar. No entanto, essa escarificação outonal pode favorecer a infiltração de água e, conseqüentemente, permitir maior e melhor desenvolvimento radicular da soja, pela melhoria do ambiente solo, possibilitando a respiração das raízes e a maior concentração de raízes em profundidade. Por outro lado, a prática não é atrativa, principalmente pelos princípios conservacionistas de solo e pela relação duração dos efeitos positivos e custo envolvidos na operação.

Isso denota a necessidade de mais experimentação agrícola nesta área a fim de entender quais as reais necessidades de escarificação em solos com hidromorfismo para

cultivo de soja e, em havendo necessidade, quais as melhores épocas para a realização da prática bem como com que implementos e combinação de culturas para que os efeitos perdurem no tempo.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização do estágio foi momento de agregar imensurável conhecimento, tanto para a vida no campo quanto para dentro da universidade, ainda que em função do período de estágio não tenha sido possível acompanhar o desfecho de todas as atividades.

Ao longo do estágio, alguns fatores limitantes tornaram as atividades mais complexas, bem como ocorre no campo; a semeadura expressa muito bem a situação, em que a densidade de sementes prevista para o ensaio não foi de fato a colocada em prática, em consequência do alto volume de chuvas durante a janela de semeadura, o que inviabilizou grande parte das germinações. O mesmo ocorreu na semeadura da soja, em que as condições do solo para a operação de máquinas não estavam dentro do ideal, e a condição de solo inapta para a germinação das sementes, contando apenas com a confiabilidade da previsão de chuva para a região.

A possibilidade de acompanhar esse tipo de atividade tanto no campo quando em laboratório enriquece o saber, auxiliando a compreender como os dois ambientes se correlacionam em benefício do bom rendimento para o produtor.

É um privilégio poder fazer parte, por um curto espaço de tempo, de uma instituição tão importante para o desenvolvimento do estado, prestando serviço não só ao produtor, mas também à sociedade, quando entrega alimento de qualidade à mesa do consumidor brasileiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAMBERG, A. L.; *et al.* Densidade de um Planossolo sob sistemas de cultivo avaliada por meio da tomografia computadorizada de raios gama. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 33, p. 1079-1086, 2009.
- BADINELLI, P. G. **Figuras 3, 5, 12, 13.** Destinatário: Júlia Rebelo Hauschildt. Porto Alegre, 27 jul.2021. Mensagem WhatsApp.
- CLASSIFICAÇÃO de Koppen-Geiger. In: WIKIPÉDIA: a enciclopédia livre. [São Francisco, CA: Fundação Wikimedia], 2022. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Classifica%C3%A7%C3%A3o_clim%C3%A1tica_de_K%C3%B6ppen-Geiger>. Acesso em: 4 jul.2022.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO (CQFS). **Manual de calagem e adubação para os Estados de Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.** Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2016. 376 p.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO CONAB. **Série histórica:** arroz irrigado. Brasília, DF: CONAB, 2021. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras/item/7689-arroz-irrigado>>. Acesso em: 17 jul.2022.
- FALKER. 2022. Disponível em: <<https://www.falker.com.br/>>. Acesso em: 15 jul.2022.
- FIELD AREA MEASURE. **Aplicativo para mensuração de áreas.** Disponível em <<https://pcmac.download/app/1123033235/gps-fields-area-measure>>. Acesso em: 24 ago. 2021.
- FORSYTHE, W. M.; HUERTAS, A. Effect of soil penetration resistance on the growth and yield of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) 27-R variety. **Turrialba**, v. 29, p. 293-298, 1979.
- INSTITUTO RIOGRANDENSE DO ARROZ – IRGA. **Boletim de resultados da safra 20/21 em terras baixas: arroz irrigado e soja.** Divisão de Assistência Técnica e Extensão Rural, Seção de Política Setorial, meteorologista Jossana Ceolin Cera, Coordenadorias Regionais e Núcleos de Assistência Técnica e Extensão e a Divisão de Pesquisa do IRGA. Set.2021. Disponível em <<https://irga.rs.gov.br/upload/arquivos/202109/27151231-boletim-de-resultados-da-safra-2020-2021-compressed.pdf>>. Acesso em: 7 jul.2022.
- INSTITUTO RIOGRANDENSE DO ARROZ – IRGA. [2022?]. Informações Registradas. Disponível em <<https://irga.rs.gov.br/informacoes-registradas>>. Acesso em: 4 jul.2022.
- KLAMT, E.; KÄMPF, N.; SCHNEIDER, P. **Solos de várzea do Estado do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS, 1985. 43 p. Boletim Técnico de Solos, 4.
- KLEIN, V. A. **Física do Solo.** 2.ed. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2012.
- KOCHHANN, R.A.; DENARDIN, J.E.; SERTON, A.L. **Compactação e descompactação de solos.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. Documentos, 19.

LAPEN, D. R.; *et al.* Least limiting water range indicators of soil quality and corn production, Eastern Ontario, Canada. **Soil & Tillage Research**, v.78, n.2, p.151-170, 2004.

LIMA, A.C.R.; HOOGMOED, W.; BRUSSARD, L. Soil quality assessment in rice production systems: Establishing a minimum data set. **Journal of Environment Quality**, v. 37, n. 2, p.623-630, 2008.

LOCALIZAÇÃO do município de Cachoeirinha – RS. In: WIKIPÉDIA: a enciclopédia livre. [São Francisco, CA: Fundação Wikimedia], 2022. Disponível em: <[https://pt.wikipedia.org/wiki/Cachoeirinha_\(Rio_Grande_do_Sul\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/Cachoeirinha_(Rio_Grande_do_Sul))>. Acesso em: 4 jul.2022.

MENTGES; M. I., *et al.* Alterações estruturais e mecânicas de solo de várzea cultivado com arroz irrigado por inundação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p.221, 2013.

MUNDSTOCK, C. M.; *et al.* Fundamentos ao cultivo de soja em terras baixas. In: INSTITUTO RIOGRANDENSE DO ARROZ. **Soja 6000: manejo para alta produtividade em terras baixas**. 2.ed. Porto Alegre: RJR, 2018, p.13-39.

PAULETTO, E. A.; *et al.* Avaliação da densidade e da porosidade de um Gleissolo submetido a diferentes sistemas de cultivo e diferentes culturas. **Revista Brasileira de Agronomia**, v. 11, p. 207-210, 2005.

PAULETTO, E. A.; *et al.* Manejo de solo e água em arroz irrigado. In: PESKE, S.; NEDEL, J.; BARROS, A., (Eds.). **Produção de sementes de arroz**. Pelotas: Editora da UFPel, 1993.

PAULETTO, E. A.; *et al.* Manejo de solos de várzea. In: GOMES, A. S.; PAULETTO, E. A. **Manejo do solo e da água em áreas de várzea**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999.

PINTO, L. F. S.; LAUS NETO, J. A.; PAULETTO, E. A. Solos de várzea do Sul do Brasil cultivados com arroz irrigado. In: GOMES, A. S.; MAGALHÃES, A. M. **Arroz Irrigado no Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa, 2004. cap.3, p.75-96.

SILVA, C. A. S.; PARFITT, J. M. B. **Drenagem Superficial para Diversificação do Uso dos Solos de Várzea do Rio Grande do Sul**, Pelotas, RS, novembro, 2004.

TEIXEIRA, M.B.; *et al.* Vegetação. In: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento de recursos naturais**. Rio de Janeiro: IBGE, 1986. v.33, p.541-632.

THOMAS, A. L.; LANGE, C. E. **Soja em solos de várzea do Sul do Brasil**. Porto Alegre: Evangraf, 2014. 128 p.

VEDELAGO, A.; *et al.* **Fertilidade e aptidão de uso dos solos para o cultivo da soja nas regiões arrozeiras do Rio Grande do Sul**. Cachoeirinha: Starprodutora, 2012. 48 p. Boletim técnico nº 12.

VEDELAGO, A.; *et al.* **TECIRGA 6070 RR**: Guia de cultivo em solos arrozeiros. Cachoeirinha: Starprodutora, 2013. 16 p.

ZANON, A. J. *et al.* **Ecofisiologia da soja**. Santa Maria: Pallotti, 2018. 135 p.