

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

**RHIZOPAMPA: AVALIAÇÃO EXPLORATÓRIA DE RAIZES EM CAMPOS
NATIVOS DO PAMPA DE RIO GRANDE DO SUL**

**ALEJANDRO DAVID CHUQUIMIA QUICAÑA
(DISSERTAÇÃO)**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

**RHIZOPAMPA: AVALIAÇÃO EXPLORATÓRIA DE RAIZES EM CAMPOS
NATIVOS DO PAMPA DE RIO GRANDE DO SUL**

ALEJANDRO DAVID CHUQUIMIA QUICAÑA
Engenheiro Agrônomo (UMSA)

Dissertação apresentada
como um dos requisitos à
obtenção do Grau de Mestre
em Ciência do Solo

Porto Alegre (RS) Brasil
Março de 2023

CIP - Catalogação na Publicação

QUICAÑA, ALEJANDRO DAVID CHUQUIMIA
RHIZOPAMPA: AVALIAÇÃO EXPLORATÓRIA DE RAIZES EM
CAMPOS NATIVOS DO PAMPA DE RIO GRANDE DO SUL /
ALEJANDRO DAVID CHUQUIMIA QUICAÑA. -- 2023.
95 f.
Orientador: Carlos Tornquist.

Coorientador: Cristhian Hernandez Gamboa.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de
Pós-Graduação em Ciência do Solo, Porto Alegre, BR-RS,
2023.

1. Pampa. 2. Estoques de carbono. 3. Pastagens. 4.
Biomassa Radicular. I. Tornquist, Carlos, orient. II.
Gamboa, Cristhian Hernandez, coorient. III. Título.

ALEJANDRO DAVID CHUQUIMIA QUICAÑA
Engenheiro Agrônomo
(Universidad Mayor de San Andrés, UMSA, Bolivia)

DISSERTAÇÃO

Submetida como parte dos requisitos
para obtenção do Grau de

MESTRE EM CIÊNCIA DO SOLO

Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo
Faculdade de Agronomia
Universidade Federal de Rio Grande do Sul
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovado em:
Pela Banca Examinadora

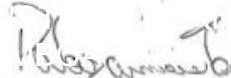
Homologado em:
Por


CARLOS GUSTAVO TORNOQUIST
Orientador / PPG Ciência do Solo
UFRGS

Documento assinado digitalmente
 ALBERTO VASCONCELLOS INDA JUNIOR
Data: 10/09/2024 16:51:18-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

ALBERTO VASCONCELLOS INDA JUNIOR
Coordenador do
Programa de Pós-Graduação em
Ciência do Solo/UFRGS


LEANDRO BOCHI DA SILVA VOLK
EMBRAPA Pecuária Sul


PAULO CÉSAR DO NASCIMENTO
PPG Ciência do Solo/UFRGS

Documento assinado digitalmente
 CARLOS ALBERTO BISSANI
Data: 11/09/2024 10:40:06-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>


RICARDO BERGAMO SCHENATO
PPG Ciência do Solo/UFRGS

CARLOS ALBERTO BISSANI
Diretor da Faculdade
de Agronomia/UFRGS

*“En la noche que me envuelve,
negra, como un pozo insondable,
le doy gracias al dios que fuere,
Por mi alma inconquistable.*

*En las garras de las circunstancias,
no he gemido, ni he llorado.
Bajo los golpes del destino,
mi cabeza ensangrentada jamás se ha postrado.*

*Más allá de este lugar de ira y llantos,
acecha la oscuridad con su horror,
Y sin embargo la amenaza de los años me halla,
y me hallará sin temor.*

*Ya no importa cuán estrecho haya sido el camino,
ni cuantos castigos lleve mi espalda,
Soy el amo de mi destino,
Soy el capitán de mi alma.”*

William Ernest Henley

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Gustavo Tornquist, pela orientação durante o curso, exemplo profissional e amizade.

Ao Professor Cristhian Hernandez pelo auxílio prestado, convivência e amizade. Ao Prof. Frederico Costa-Beber Vieira (UNIPAMPA-São Gabriel) e todos os professores do Departamento de Solos pela convivência e ensinamentos transmitidos.

Aos funcionários do Departamento de Solos, em especial ao Zé (responsável pelas casas de vegetação) pelos auxílios prestados, convivência e amizade.

À UFRGS e ao Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, que me possibilitaram a realização deste curso, a CAPES, pela concessão da bolsa de estudo.

Aos colegas de curso, em especial Thamires Valle, Antony Senna mais que colegas família; Marcelo Ely, Elena Polto e Aline pela amizade, convivência e ajuda.

Aos amigos Matheus e Pedro pelo apoio durante este tempo de Mestrado, por sua ajuda e amizade em cada momento.

A minha mãe Norah Quicaña, pelo carinho e incentivo de sempre em cada etapa de minha vida em momentos difíceis, momentos que quebram o coração e onde só a força de vontade se faz tudo possível.

A meu irmão Mauricio Daniel, pelo apoio e fortaleza de sempre com a serenidade de levar também nas costas os problemas e sair vitorioso.

RHIZOPAMPA: AVALIAÇÃO EXPLORATÓRIA DE RAÍZES EM CAMPOS NATIVOS DO PAMPA DE RIO GRANDE DO SUL¹

Autor: Alejandro David Chuquimia Quicaña

Orientador: Carlos Gustavo Tornquist

RESUMO

O bioma Pampa ocupa 62% RS, onde ocorrem ecossistemas com alta diversidade de espécies vegetais, em uma rede ambiental complexa e de grande importância. Nessas áreas campestres vêm ocorrendo mudanças históricas de uso e cobertura, intensificadas recentemente pela expansão da agricultura. A avaliação do sistema radicular nesses campos são componentes-chave na compreensão do papel da ciclagem de nutrientes nas pastagens e do sequestro de carbono (C) nos solos. Efetuamos uma avaliação exploratória de atributos de raízes e os estoques de carbono de áreas de campo nativo de bioma Pampa (Rizhopampa). O estudo foi conduzido em experimento de pastejo de longo prazo (35 anos) de diferentes parcelas de Oferta de forragem em campo nativo na Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul EEA/UFRGS, num Argissolo Vermelho distrófico. Foram selecionadas as parcelas do tratamento 8% de oferta forragem (7A e 3A). Quatro locais distribuídos em duas por cada parcela, onde foi feita uma descrição florística, a distribuição da vegetação de porte alto e baixo foi utilizada para dividir a coleta em dois blocos e realizada a avaliação de biomassa aérea, as amostras para raízes foram obtidas até 50 cm profundidade, com coleta por cubo extrator de aço de 10x10x10 cm (A x L X P) de aço inoxidável. Também foram obtidas amostras de solo até a mesma profundidade. a) deformadas para análise química em laboratório de rotina; b) indeformadas com anéis para análises físicas. As análises químicas mostraram solos com limitações naturais de fertilidade. A avaliação de biomassa subsuperficial encontrou raízes finas até a camada mais profunda (40-50cm). A maior parte de raízes grossas, rizomas, bulbos e estolões foram encontrados na camada 0-10cm, mas proporcionalmente em menor massa, o que poderia sugerir a redução da profundidade de amostragem para 30 cm (por exemplo) para fins de inventários de raízes. Quanto aos estoques de C e nitrogênio (N), o maior acúmulo de C e N acontece nas camadas superficiais até 20cm. Mesmo com limitações de um estudo pontual (um período de amostragem), a distribuição relativa do C e N em profundidade nos campos nativos evidencia a importância deste bioma para o armazenamento do C e N. Entretanto, a contribuição da biomassa aérea não deve ser menosprezada porque MO do solo é derivada desse aporte, especialmente biomassa subsuperficial.

Palavras chave: Pampa, Estoques de C, Pastagens, Biomassa radicular

¹Dissertação de Mestrado em Ciência do Solo. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. (p.). Março, 2023.

RHIZOPAMPA: EXPLORATORY EVALUATION OF ROOTS IN NATIVE GRASSLANDS OF THE RIO GRANDE DO SUL PAMPA

Author: Alejandro David Chuquimia Quicaña

Adviser: Carlos Gustavo Tornquist

ABSTRACT

The Pampa biome occupies 62% of RS, where there are ecosystems with a high diversity of plant species, in a complex environmental network of great importance. These grassland areas have undergone historical changes in use and cover, which have recently been intensified by the expansion of agriculture. Evaluation of the root system in these grasslands is a key component in understanding the role of nutrient cycling in pastures and carbon (C) sequestration in soils. We carried out an exploratory assessment of root attributes and carbon stocks in native grassland areas of the Pampa biome (Rizhopampa). The study was conducted in a long-term grazing experiment (35 years) of different forage supply plots in native grassland at the Agronomic Experimental Station of the Federal University of Rio Grande do Sul EEA/UFRGS, on a dystrophic Red Argisol. Plots from the 8% forage supply treatment were selected (7A and 3A). Four sites were distributed in two for each plot, where a floristic description was made, the distribution of tall and short vegetation was used to divide the collection into two blocks and the evaluation of aerial biomass was carried out, the samples for roots were obtained up to 50 cm deep, with collection by a 10x10x10 cm (H x W X D) stainless steel extractor cube. Soil samples were also taken to the same depth. a) deformed for chemical analysis in a routine laboratory; b) undeformed with rings for physical analysis. The chemical analyses showed soils with natural fertility limitations. The assessment of subsurface biomass found fine roots down to the deepest layer (40-50cm). Most of the coarse roots, rhizomes, bulbs and stolons were found in the 0-10cm layer, but proportionally in less mass, which could suggest reducing the sampling depth to 30 cm (for example) for root inventories. As for C and nitrogen (N) stocks, the greatest accumulation of C and N occurs in the surface layers up to 20cm. Even with the limitations of a one-off study (one sampling period), the relative distribution of C and N at depth in native grasslands highlights the importance of this biome for C and N stocks. However, the contribution of aerial biomass should not be underestimated because soil OM is derived from this input, especially subsurface biomass.

Keywords: Pampa, Carbon stocks, Grasslands, Root biomass

¹Master's thesis in Soil Science. Graduate Program in Soil Science, Faculty of Agronomy, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. (p.) March, 2023.

SUMARIO

1.	INTRODUÇÃO	14
2.	REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....	17
2.1.	Importância da pesquisa de raízes.	17
2.2.	Métodos de coleta e atributos de raiz avaliados.	18
2.3.	Análise e interpretação de raízes.	19
2.3.1.	Estudos anteriores sobre raízes no Pampa	22
2.3.2.	Estoques de carbono na biomassa superficial, subterrânea e no solo.	23
3.	OBJETIVOS.....	24
4.	MATERIAL E MÉTODOS	25
4.1.	Localização	25
4.2.	Caraterização Preliminar dos- atributos físico-químicos dos solos nas parcelas experimentais	27
4.2.1.	Atributos químicos.....	29
4.2.3.	Atributos físicos	34
4.3.	Caracterização da Composição florística, Biomassa superficial e Biomassa subterrânea em campos nativos do Pampa.....	37
4.3.1.	Composição florística e Biomassa Área	37
4.3.2.	Biomassa Subterrânea.....	38
4.3.3.	Estoques de Carbono da Raiz, Solo e a Planta.....	43
4.3.4.	Cálculo dos estoques	43
5.	RESULTADOS E DISCUSÃO	45
5.1.	Composição Florística	45
5.2.	Biomassa superficial	48
5.3.	Biomassa subterrânea.....	49
5.3.1.	Massa seca de raiz	49
5.3.2.	Volume de raiz	51
5.3.3.	Densidade de Comprimento Radicular (RLD).....	52
5.3.4.	Comprimento radicular nas classes de diâmetro	54
5.4.	Estoques de carbono e nitrogênio no campo nativo	57
5.4.1.	Carbono e nitrogênio total em biomassa subsuperficial	57
5.4.2.	Carbono na Biomassa Superficial.....	57
5.4.3.	Carbono e Nitrogênio total no solo.....	58
5.4.4.	Estoque de C e N no sistema campestre no Nativão	59
5.5.	Análise estatística	61
6.	CONCLUSÕES	67
	REFÊRENCIAS	69

RELAÇÃO DE TABELAS

Tabela 1. Métodos utilizados em campos do Pampa (adaptado de Lopez-Marsico et al. (2020)	19
Tabela 2. Estudos da raiz em diferentes espécies segundo o alvo de atributos da raiz (modificado de Atkinson et al., 2000)	21
Tabela 3 Atributos químicos do solo, considerado a camada 0-20 cm avaliados em três estudos diferentes.....	34
Tabela 4. Avaliação da composição de espécies de plantas nos quatro locais amostrados dentro das áreas de campo nativo.	46
Tabela 5. Estatística descritiva por camada do conjunto de amostras de raiz coletadas (*).....	54
Tabela 6 Estatística descritiva referente aos teores de Ct e Nt conforme espécies de vegetação alto e baixo.	58

RELAÇÃO DE FIGURAS

Figura 1. O Bioma Pampa com identificação de sub-regiões com classificação de campos naturais (degradadas, convertidas ou remanescentes) e outras fisionomias remanescentes (adaptado de Andrade et al. 2015).....	14
Figura 2. Distribuição relativa de raízes em solos de ecossistemas tropicais e temperados (adaptado de Jackson et al 1996).	18
Figura 3. Métodos e profundidade empregada para estudo de atributos de raiz	20
Figura 4. Mapa das áreas do Nativão da Estação El Dorado -UFRGS com os 4 locais correspondentes das parcelas 7A e 3A de OF 8% do experimento de campo nativo.....	26
Figura 5. Protocolo de extração de solo das parcelas de OF 8% do Nativão na EEA-UFRGS.....	28
Figura 6. Química dos atributos do solo das áreas do Nativão, representação da média por camada dos pontos avaliados.....	31
Figura 7 Química de microelementos das áreas de estudo no Nativão.....	33
Figura 8. Densidade de solo das camadas até 50cm profundidade.	35
Figura 9. Porosidade total média dos pontos amostrados.....	36
Figura 10. Descrição dos sítios de amostragem no experimento Nativão (parcelas 3A e 7A)	37
Figura 11. Esquema de amostragem das raízes até 50cm de profundidade, considerando as diferentes estruturas da vegetação (prostrado e cespitoso)	38
Figura 12. Aparelhos cúbicos de aço inox para extração de amostras de solo e raízes.	39
Figura 13. Fluxograma mostrando a sequência de trabalho até a avaliação digital das raízes.....	42
Figura 14. Distribuição percentual das espécies cespitosas e rasteiras dos 4 locais correspondentes nas parcelas 7A e 3A de OF 8%.....	47
Figura 15. Biomassa aérea (kg MS/m ²) nos locais de avaliação conforme as parcelas do tratamento OF 8% (no inverno – julho de 2022).....	48
Figura 16. Biomassa subterrânea (MRS g / 1 dm ³) nos locais avaliados com seus respectivos blocos. Bloco de porte alto (barra cor sólido) e bloco com espécies de porte baixo (barra de padrão de linhas).	50
Figura 17. Massa seca de raízes por camada (média em g MS/m ²).....	51
Figura 18. Volume médio da biomassa subterrânea (cm ³ /dm ³) nos locais avaliados com seus respectivos blocos.....	52
Figura 19. Distribuição vertical radicular expressa como RLD (cm/cm ³).....	53
Figura 20. Carbono e nitrogênio total das estruturas radiculares por camada.	57
Figura 21. C e N das camadas de solo avaliadas nos 4 locais de amostragem.	59
Figura 22. Estoques de C e N na biomassa e no solo (até 50 cm).....	60
Figura 23. Resultado da análise de correlação dos atributos de raiz com variáveis químicas, e físicas das 200 amostras dos 4 locais avaliados.....	62
Figura 24. Biplot de PCA dos atributos de raiz/química de solo/física de solo.....	63
Figura 25. Porcentagem explicitado por componente resultado do Analise CP.....	64
Figura 26. Contribuições relativas das variáveis incluídas na PCA das Dimensões 1 e 2 respectivamente.	65
Figura 27. Resultados de Análise de Correlação de atributos.....	66

RELAÇÃO DE APÊNDICES

Apêndice 1. Atributos químicos dos sítios de avaliação	78
Apêndice 2. Atributos físicos dos sítios de avaliação	80
Apêndice 3. Tabelas de dados de atributos de raiz extraídos do software Winrizho v2015. 1ª Parte	81
Apêndice 4. Comprimento total de raízes em torno dos 0 até 0,5mm contidas em um 1dm ³ de solo nas camadas 0-50cm.	89
Apêndice 5. Comprimento total de raízes em torno dos 0,5 até 2,5 mm contidas em um 1dm ³ de solo nas camadas 0-50cm.....	90
Apêndice 6. Comprimento total de estruturas radiculares em torno dos 2.5 até 4,5 mm contidas em um 1dm ³ de solo nas camadas 0-50cm	91
Apêndice 7. Comprimento total de estruturas radiculares superiores a 4,5 mm contidas em um 1dm ³ de solo nas camadas 0-50cm.....	92
Apêndice 8. Carbono e Nitrogênio total na raiz e no solo.....	93
Apêndice 9. Carbono e nitrogênio total da biomassa aérea do conjunto de subparcelas nos sítios de avaliação	94

RELAÇÃO DE ABREVIATURAS

RLD: Densidade do Comprimento Radicular

BA: Biomassa Aérea

BSUB: Biomassa Subterrânea

COS: Carbono orgânico do solo

ECOS: Estoques de Carbono orgânico do solo

OF: Oferta de forragem

DIAMM: Diâmetro médio de raiz por amostra

RVOL: Volume de raiz

MRS: Massa seca de raiz

ASR: Arquitetura do sistema radicular

1. INTRODUÇÃO

O bioma Pampa vem sofrendo uma redução drástica de sua cobertura de vegetação nativa desde a década de 70, o que tem se acentuado nos últimos anos pela expansão de culturas de grãos, com ênfase para a soja, além de silvicultura, em substituição à pecuária extensiva (Pillar et al., 2009; Oliveira et al. 2017) (Fig. 1).

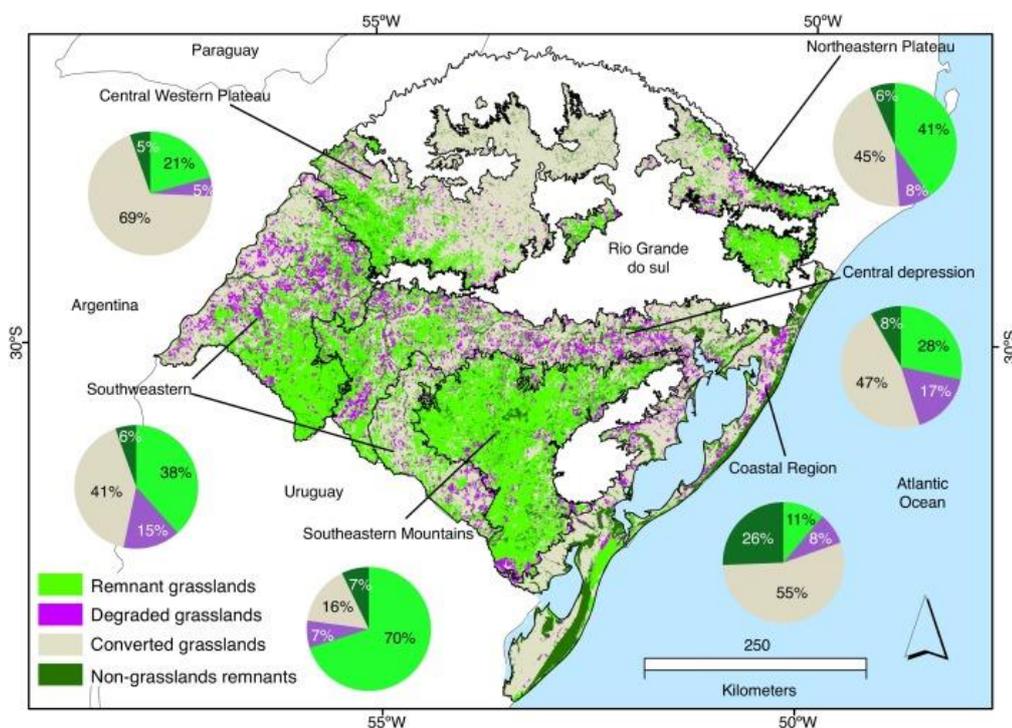


Figura 1. O Bioma Pampa com identificação de sub-regiões com classificação de campos naturais (degradadas, convertidas ou remanescentes) e outras fisionomias remanescentes (adaptado de Andrade et al. 2015).

O Pampa ocupa 62% do território do Rio Grande do Sul, conformado por ecossistemas naturais com alta diversidade de espécies animais e vegetais, compondo uma rede ambiental complexa e de grande importância. Estudos apontam que existem mais de 2.200 espécies campestres constituindo um patrimônio genético notável até então pouco conhecido (BOLDRINI et al. 2010). Constitui uma das regiões do mundo mais ricas em gramíneas, com uma mistura de espécies microtêrmicas e megatêrmicas e predomínio destas últimas. Estas áreas campestres vêm sofrendo mudanças desde a época da colonização, especialmente com as demarcações de fronteiras, com a introdução da pecuária e o estabelecimento da estrutura fundiária de médias e grandes propriedades que estão presentes até hoje na metade sul do Estado (PILLAR et al., 2009).

Essa substituição de vegetação nativa por monoculturas traz alterações no ambiente, em termos de perda de biodiversidade, gerando a degradação dos solos e processos como arenização, além de problemas com a contaminação dos solos e da água (PILLAR et al., 2009).

Existem amplas evidências que os ecossistemas campestres naturais, como os do Pampa, apesar de terem menor quantidade de biomassa vegetal em comparação aos ecossistemas florestais, quando manejados de forma conservacionista mantém significativos estoques de C orgânico no solo. Esses ecossistemas podem perder esses estoques de C quando convertidos para agricultura intensiva, mas têm potencial para acumular C se manejados adequadamente (PILLAR et al., 2012).

Os estudos sobre dinâmica do C em solos mostram que a biomassa subsuperficial (raízes e outras estruturas vegetativas) desempenham papel fundamental na estabilização da matéria orgânica no solo (RASSE et al, 2005; KÄTTERER et al 2011). Jackson et al (1996) analisaram padrões de enraizamento nos biomas terrestres e compararam distribuições radiculares. A distribuição radicular média global para todos os ecossistemas indicou 30% nos 10cm superficiais e 75% das raízes até 40 cm de profundidade do solo. Eles compararam dados de raízes entre biomas para grupos funcionais de plantas e descobriram que as gramíneas tinham 44% de suas raízes nos

primeiros 10 cm do solo, enquanto os arbustos tinham apenas 21% na mesma profundidade.

As raízes desempenham um papel fundamental na absorção de nutrientes e água, e sua capacidade de extrair os recursos disponíveis do solo aumenta quanto mais comprimento de raiz eles têm. Informações quantitativas sobre a variabilidade do enraizamento no tempo e no espaço são necessárias para desenvolver modelos sobre as relações solo-planta-animal de pastagens sob pastagem. Entretanto, existe muita informação sobre produção de biomassa subsuperficial, mas muitas lacunas existem sobre a distribuição e o comprimento das raízes. Em particular, a biomassa subsuperficial nos ecossistemas campestres do Pampa tem sido pouco estudada, com escassas publicações apresentando dados para a comunidade científica. Já no início do século XX J. E. Weaver apontava como imperativa a necessidade de se estudar com mais ênfase os sistemas radiculares de espécies campestres (Weaver,1915).

Não identificamos pesquisas com uma abordagem voltada para características e desenvolvimento do sistema radicular das fisionomias vegetais predominante no Pampa e sua relação com os atributos físico-químicos e o estoque de C e N no solo. Assim, a realização de pesquisas das raízes e outras estruturas subsuperficiais no Pampa é urgente, especialmente considerando o contexto atual das discussões sobre os estoques de C em solos e possibilidade de acúmulo adicional (“sequestro” de C), com repercussões no ciclo o N.

2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

2.1. Importância da pesquisa de raízes.

Ao contrário dos órgãos superficiais das plantas, as raízes e outras estruturas subsuperficiais como bulbos estão “escondidas” no solo e só podem ser alcançadas em seu ambiente natural por meio de procedimentos ou equipamentos especiais. Adicionalmente, as estruturas subsuperficiais são afetadas pelas condições ambientais, e apresentam variabilidade no espaço e no tempo. Desenhos e tratamentos experimentais nas pesquisas em campo são frequentemente mascarados por mudanças imprevistas nas condições ambientais. Assim observações repetidas, em longo prazo, além de número suficiente de repetições são necessárias para pesquisas de raízes em campo. (WEASEL ET AL., 2002)

A importância da arquitetura do sistema raiz reside no fato de que os principais recursos são heterogeneamente distribuídos no solo, de modo que a distribuição espacial das raízes determina substancialmente a capacidade de uma planta fornecer proteção do intemperismo e transportar nutrientes obtidos desses recursos edáficos (MORTE & VARMA, 2014).

Jackson et al. (1996) analisaram os padrões de enraizamento em biomas e compararam as distribuições de raízes com um banco de dados com 250 estudos de raízes. Segundo esse estudo, em ecossistemas campestres

temperados, ~80% das raízes e nos tropicais ~60% se encontram até 30 cm profundidade (Fig. 2).

Rao (1998) diz que a maioria das informações sobre a distribuição e produção de raízes disponíveis sobre pastagens tropicais está na biomassa da raiz, com pouca ênfase em outros atributos como no comprimento, área superficial da raiz.

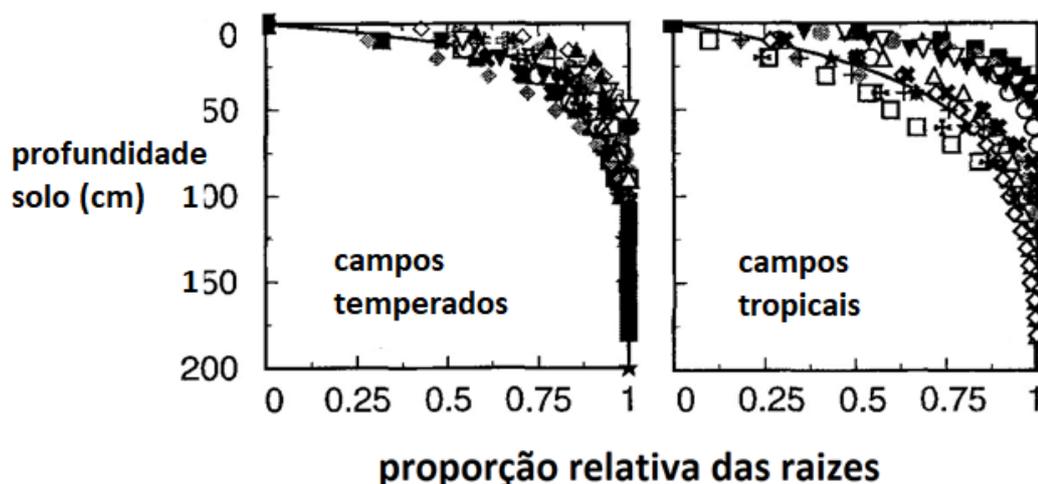


Figura 2. Distribuição relativa de raízes em solos de ecossistemas tropicais e temperados (adaptado de Jackson et al 1996).

Algumas das importantes evidências para acúmulo de C radicular nos solos propostas por Rasse et al. (2005) incluem a exsudação pelas raízes, renovação e posterior desprendimento celular, os quais proporcionam uma entrada anual de C das raízes em solos cultivados que pode equivaler à biomassa radicular mensurável. Puget e Drinkwater (2001) apontam que a contribuição direta de C da biomassa da raiz foi de apenas 60% da contribuição total de C da raiz para o solo.

A avaliação da biomassa e do comprimento das raízes em pastagens são componentes-chave na compreensão do papel da ciclagem de nutrientes nas pastagens e do sequestro de C nos solos (RAO, 1998)

2.2. Métodos de coleta e atributos de raiz avaliados.

Entre os métodos mais utilizados para o estudo de raízes destacam-se as análises de raízes lavadas (por blocos/monólito ou trado calador) e as avaliações em perfil de solo (trincheira ou parede do perfil e também o

chamado rhizotron) (VOLK et al., 2012; 2011; BÖHM, 1979). No Brasil, OTTO et al. (2009) afirmam não haver diferença entre as avaliações por monólitos e trado calador, afirmado também por Vepraskas e Hoyt (1988) quem só percebe diferenças em horas de processamento de avaliação sendo a mais demorada o método de descrição da trincheira. Assim, o uso do trado calador se apresenta como uma alternativa apropriada pelo tempo e esforço demandado, que é menor em comparação com monólitos.

Segundo Lopez-Marsico et al. (2020) o limitado número de estudos em raiz impossibilita estabelecer uma metodologia-padrão, mas são sugeridas algumas que já foram utilizadas em estudos no Pampa uruguaio, o qual compartilha fisionomias campestres e mesmo algumas classes de solos com o Pampa sul rio grandense.

Tabela 1. Métodos utilizados em campos do Pampa (adaptado de Lopez-Marsico et al. (2020))

Método	atributo	Profundidade (m)
Trado	Biomassa subterrânea	0,2-1,0
“ruleros”	Atributos de raiz	1
Planta inteira	Biomassa subterrânea	s/n
monólitos	Biomassa subterrânea	0,4-1

2.3. Análise e interpretação de raízes.

Em última análise, a decisão de empregar um ou outro método depende do que se deseja avaliar, para que a escolha se ajuste aos requerimentos da pesquisa, o tipo de estudo, e recursos disponíveis. Como é observado na fig. 3 estabelecer um limite de exploração pode resultar simples até complexo para observar com detalhe cada atributo de raiz, a profundidade efectiva vertical em florestais (**a,b**), avaliação de interação e dinâmica de raiz em espécies convencionais (**c-i**), e outras de complexa interpretação no caso de dinâmica de raiz em comunidades vegetais (**k,i**).

Por outra parte, Atkinson (2000) fez uma ampla revisão de métodos de avaliação de atributos onde na Tabela. 2, são mencionados os de principal interesse na hora de gerar um contraste com resultados de outras pesquisas.

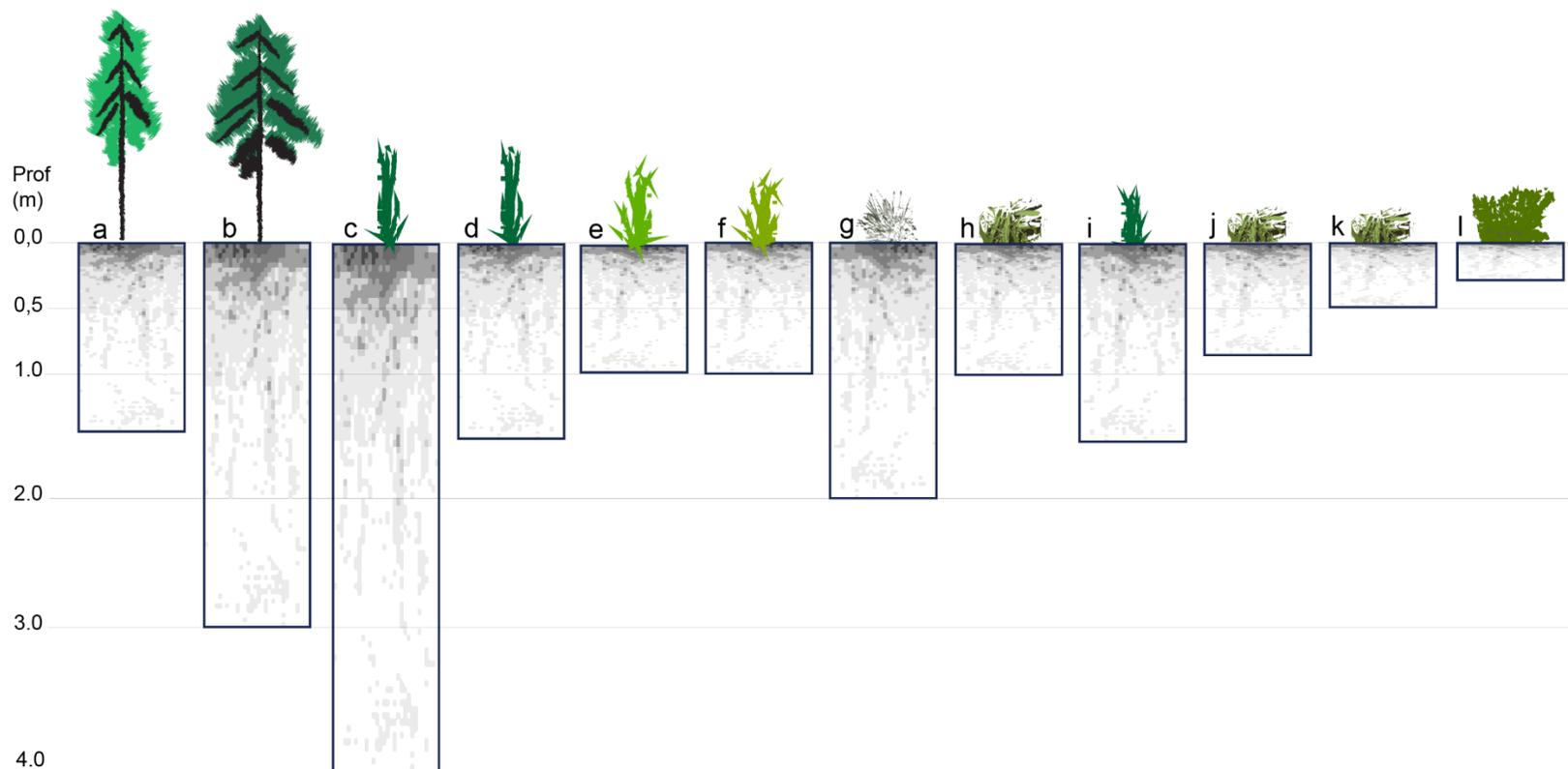


Figura 3. Métodos e profundidade empregada para estudo de atributos de raiz : a:Distribuição vertical de raiz e RLD em espécies florestais (Pathak et al. 2021); b: Isotropia de raiz fina e RLD em *Eucalyptus grandis* (Maurice et al. 2010); c: Profundidade do sistema radicular em Cana de açúcar (Chopart et al. 2010); d: ; e:RLD e número de impactos de raiz (NI) em cultura de milho (Chopart e Siband, 1999); f: RLD e NI em cultura de Sorgo (Chopart et al. 2008); g: RLD e orientação de raiz em arroz (Dussere et al. 2009) ; h: Desenvolvimento radicular em Soja e milho (Moraes, 2017); i:RLD e NI em cultura de Mijo Perla (Faye et al. 2019); j:Biomassa de raiz e diâmetro de raiz (Lecain et al. 2005) ; k:Morfologia de raiz e capacidade de infiltração em solos de pastizal (Liu et al. 2020) ; l: Biomassa Subterranea (Ataides, 2015).

Tabela 2. Estudos da raiz em diferentes espécies segundo o alvo de atributos da raiz (modificado de Atkinson et al., 2000)

Atributo de raiz	Definição e impacto no solo
1 Comprimento da raiz	Comprimento de todos os membros da raiz presentes. Tamanho total do sistema radicular. Potencial de absorção de nutrientes ou água do solo. Indicador da linha de base microbiana do solo, especialmente AMF, atividade no solo e do funcionamento microbiano, catabolismo de fósforo orgânico.
2 Massa da raiz	Base para a maioria dos cálculos funcionais. Grande variação temporal. Massa de raiz seca ao forno a 105 °C por 20h. Pode ser necessário fazer correções para os minerais do solo anexados.
3 Distribuição vertical	A profundidade da raiz mais profunda do sistema radicular de uma planta. Estabilidade física ou ancoragem, profundidade do solo explorado, uso potencial de recursos distantes e a estimativa de nutrientes disponíveis e recursos hídricos.
4 Volume raiz	O espaço ocupado pelo sistema radicular. (Frequentemente calculado a partir do diâmetro e comprimento médio da raiz ou considerado igual ao peso fresco do sistema radicular).
5 Distribuição Horizontal	Uma estimativa semi quantitativa da área do solo sob a qual o sistema radicular se encontra ou que, em um determinado momento, é influenciado pelas atividades do sistema radicular e de seus organismos associados. Estabilidade de ancoragem. Potencial de interação com outras espécies. Estimativa de nutrientes disponíveis no solo e água.
6 Padrão de ramificação do sistema raiz	Intensidade relativa de exploração do solo, longevidade média das raízes, estratégia de exploração do solo. Comprimentos medidos ou número de raízes de diferentes ordens.

Para a descrição mais completa do sistema radicular, informações quantitativas sobre a morfologia e a arquitetura da raiz devem ser reunidas. No passado, o comprimento e a área superficial da raiz eram medidos manualmente usando dispositivos de medição linear (BÖHM, 1979). A coleta de amostras de raiz por escavação, retirada do solo, seguido de lavagem demonstrou um melhor entendimento destas estruturas radiculares. No entanto, os ganhos na quantificação das raízes são grandes, com evidências substanciais apresentadas por FRESCHET et al. (2020)

A necessidade de utilização de um sistema digital de mapeamento para analisar amostras lavadas de raízes depende do tipo de amostra a ser analisada e dos atributos de interesse. Se as amostras contiverem apenas raízes e se o comprimento for o único parâmetro a ser medido, as técnicas automatizadas de interceptação de linha podem ser suficientes. (SMIT et al., 2000)

2.3.1. Estudos anteriores sobre raízes no Pampa

O bioma Pampa no RS apresenta características relacionadas a flora relacionadas com sua distribuição no subcontinente sul-americano: Argentina e do Uruguay (Roesch et al., 2009). O Pampa tem sofrido modificações, produto de ações antrópicas adversa que tem levado às perdas na composição florística. Além da situação de expansão de áreas de lavoura, inserção de soja e espécies exóticas de pastagens, existem poucos estudos sobre a produção de biomassa desses campos.

Ainda mais escassos são os estudos de produção de biomassa subsuperficial (raízes e outras estruturas), muitas vezes limitados pela disponibilidade de equipamentos e da porosidade inerente a métodos que envolvam escavação profunda, como já notado por Bohm (1979). Um dos desafios é adotar método que possa extrair a maior quantidade de informações desse ambiente subterrâneo dinâmico, especialmente buscando massa e comprimento do sistema radicular, sempre contextualizados nos solos em que se desenvolvem os campos.

2.3.2. Estoques de carbono na biomassa superficial, subterrânea e no solo.

As principais formas de acúmulo de C orgânico do solo (COS) em ambientes campestres são ocasionadas por períodos adequados de repouso (sem presença de gado) que possibilitam maior acúmulo de biomassa nos campos pastejados (e, portanto, maior crescimento das raízes), além das entradas de nutrientes e C pelo esterco animal. É notório que o manejo adequado das pastagens naturais pode determinar incrementos nos estoques de COS (RODRIGUES et al. 2010).

3. OBJETIVOS

Avaliação exploratória da Rizhopampa e os estoques de Carbono de áreas de campo nativo da Estação Experimental Agronômica de El Dorado com manejo pecuário

4.1. Objetivos específicos

Avaliar os sistemas radiculares (rizomas, bulbos, estolões) em campos do Pampa Sul-rio-grandense, com manejo antrópico representativo da pecuária tradicional de propriedades rurais da Depressão Central do RS.

Quantificar o Carbono Orgânico na arquitetura radicular e no solo, presente em áreas de campo nativo com manejo pecuário representativo da região de campos do Pampa.

4. MATERIAL E MÉTODOS

A busca por entender e quantificar a biomassa subsuperficial (raízes e outras estruturas) no Pampa pode ser melhor realizada se for conduzida em área com antecedentes de uso bem conhecidos. Nesse sentido, experimentos e levantamentos continuados, de longo prazo, onde já foram conduzidos estudos de vegetação e solo são ideais. Apesar de poucos existentes (EEA-UFRGS; EMBRAPA CPPSUL; UFSM), esses experimentos com pastejo controlado permitem observar uma série de fatores envolvidos, representativos dos campos do Pampa, como composição florística e características dos solos onde estão se desenvolvendo. Por outra parte os fatores antrópicos evidenciados no século XXI implicam em uma série de ameaças e riscos para as áreas remanescentes dos campos indicados na Fig., 1. Segundo Denardin e Martins (2016) uma etapa importante em estudos sobre ecossistemas campestres seria conhecer aspectos biofísicos e químicos do meio, em partícula do solo, inclusive aqueles ligados à sua gênese, os quais são afetados majoritariamente pelo material de origem, clima e relevo.

4.1. Localização

O estudo foi conduzido na Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, no município Eldorado do Sul a 50 km de Porto Alegre, a altitude média é de 46m do nível do mar com

coordenadas geográficas 30°05' S e 51°40' W., em um experimento de pastejo de longo prazo (35 anos) chamado Nativão apresentado na fig.4. O experimento Nativão abrange um conjunto de 268 espécies distribuídas nas famílias Poaceae, Asteraceae, Fabaceae e Ciperácea que representam além da diversidade florística, possibilidade de acúmulo diferenciado de biomassa superficial e subsuperficial inclusive com diversidade de estrutura radicular.

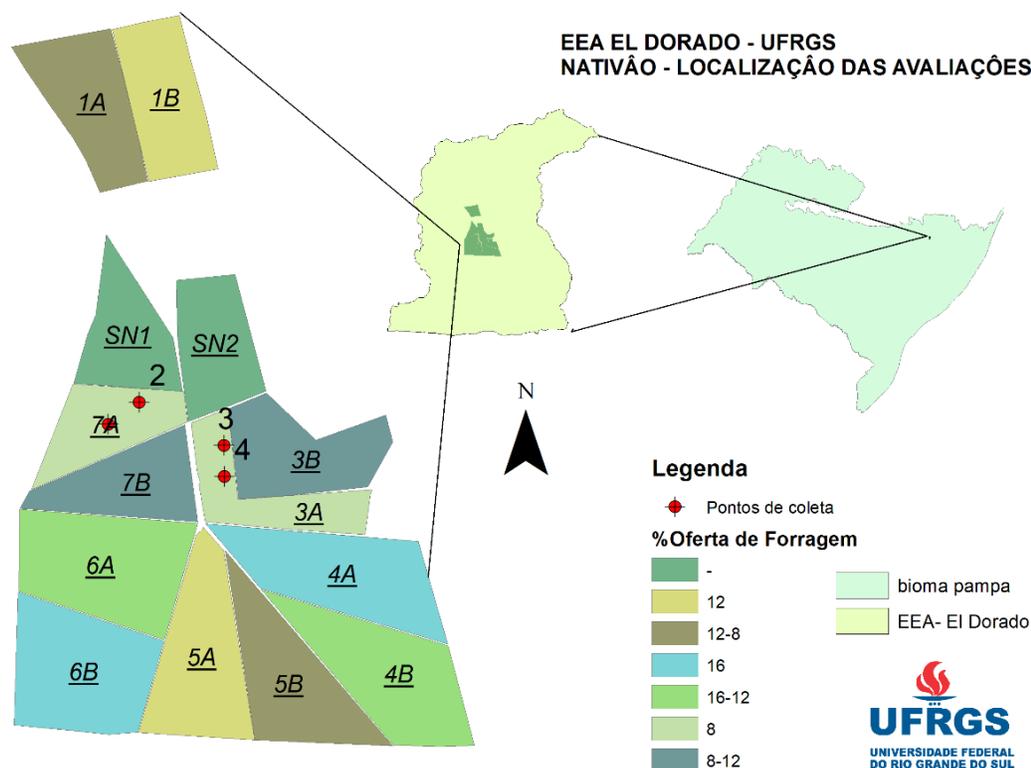


Figura 4. Mapa das áreas do Nativão da Estação El Dorado -UFRGS com os 4 locais correspondentes das parcelas 7A e 3A de OF 8% do experimento de campo nativo.

O “Nativão” foi estabelecido na primavera de 1986 em campos nativos representativos do Bioma Pampa (CARVALHO et al, 2017), com ofertas de pastagem (OF) de 4, 8, 12 e 16% como se apresenta na figura 4. Tem precipitação média anual de 1440 mm e temperatura do ar média mensal variando de 13,6 °C (inverno) a 24,8 °C (verão). Esta região apresenta um clima tipo Cfa, de acordo com a classificação Koeppen, correspondente a subtropical úmido (ECOSTEGUY,1990; MORENO,1961).

Foram selecionadas para este estudo as parcelas referentes aos tratamentos 8% OF (áreas codificadas 3A e 7A) que podem ser considerados similar ao manejo da maioria das fazendas de pecuária na região leste da Depressão Central do RS. Dentro das parcelas foram definidos 2 locais por parcela experimentais. Os solos nesta área são classificados de Argissolos Vermelho distrófico na maior superfície das parcelas e compartilhadas em menor proporção por Planossolos Háplicos, solos em áreas baixas sujeitas ao alagamento em épocas de maior precipitação.

4.2. Caracterização Preliminar dos- atributos físico-químicos dos solos nas parcelas experimentais

As amostras de solo para atributos químicos foram coletadas nas camadas 0-10; 10-20; 20-30; 30-40; e 40-50 cm de profundidade com anéis volumétricos de 350cm³. A amostragem de solo foi feita em dois pontos considerando o porte da vegetação alto A (cespitosas) e baixas B (rasteiras), em um total de 10 amostras por local repartidas ao longo do perfil, resultando em 40 amostras nos 4 locais avaliados. Na figura 5 é apresentada a sequência de amostragem até 50cm feitas nas extremidades da mini trincheira escavada onde se localizam os dos pontos de amostragem A e B.

As amostras de solo coletadas foram secas ao ar e enviadas ao LAS (Lab. Análise de Solo UFRGS) para determinação de atributos químicos (Al, P, pH, AL+H, CTC). Os atributos considerados pertencem a uma química básica de elementos com foco do Al e do P, atributos que são importantes na hora de relacionar um efeito limitante no caso do alumínio e no caso do fosforo o promotor de crescimento de novos tecidos por parte do sistema radicular.

As amostras indeformadas de solo para os atributos físicos foram coletadas no centro, entre os pontos A e B com anéis de 100cm³ nas camadas 0-10; 10-20; 20-30; 40-50 cm. Foram determinados atributos como densidade do solo, porosidade e curva de retenção de água, assim como granulometria segundo EMBRAPA (2011).

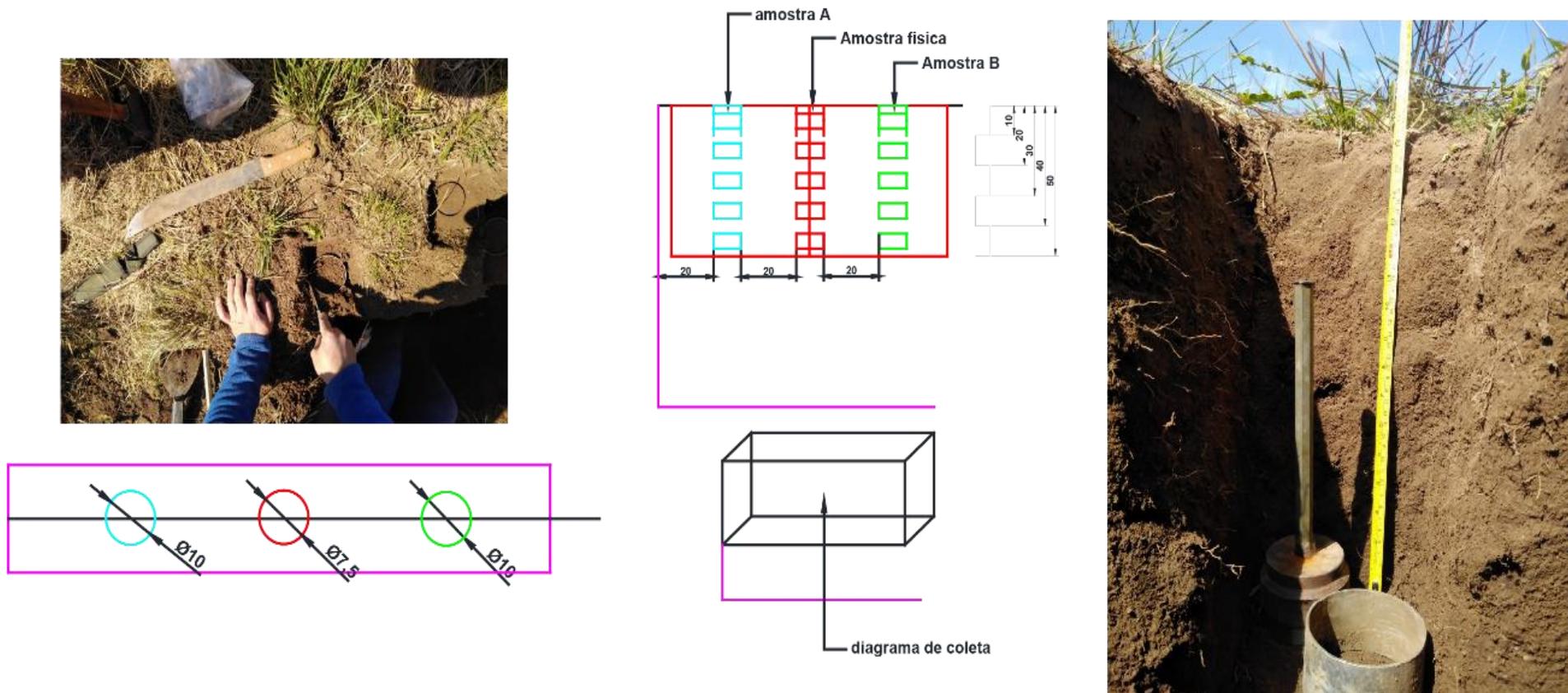


Figura 5. Protocolo de extração de solo das parcelas de OF 8% do Nativão na EEA-UFRGS.

As amostras de solo foram preparadas para construir a curva de retenção de umidade na mesa de tensão com pressões de: 10cm, 30cm e 100cm de coluna de água, e posteriormente as amostras foram levadas para as câmaras de pressão tipo Richards com pressões de 330cm e 1000cm.

Para análise granulométrica, foi realizada dispersão do solo com solução NaOH 1 mol L⁻¹ por 8h, seguida de agitação em agitador horizontal recíproco a 120 rpm por 8 horas. A separação da fração areia na dispersão foi realizada por tamisação da amostra. A leitura da fração silte e areia foi realizada com aparato PARIO, que automatiza em parte o método do hidrômetro usando o método de “pressão de suspensão integral estendida” (METER, 2023).

4.2.1. Atributos químicos

Não foram observadas diferenças significativas entre atributos avaliados nos 4 locais amostrados, então os dados foram tratados conjuntamente e comparados com estudos anteriores. Como generalização, observamos que solos não afetados pelas atividades antrópicas apresentam notada estratificação dos atributos, apresentando maiores concentrações da superfície até a camada mais profunda amostrada. Apresentamos alguns atributos e incluímos a totalidade de análises como Apêndice 1.

4.2.1.1. pH e H+Al

A média geral do pH foi 4,7, figura 5 (A) sem diferenças entre as camadas observadas. A concentração de H+Al foi maior na camada mais superficial (0-10) em relação às camadas imediatamente inferiores, o que pode ser explicado pelo maior teor de MO nessa camada. Segundo Echel e Beckman (2013) A interação entre os mecanismos bioquímicos e biofísicos de regulação do pH, juntamente com a ubiquidade do protão e pode dificultar a quantificação da contribuição de mecanismos específicos do pH na raiz.

Os dados referentes as camadas mais profundas do solo apresentam uma similaridade relativa na camada 10, a rede de proteção radicular nesta faixa zona conseguiria manter uma situação de equilíbrio ao se tornar as duas

primeiras camadas uma zona de decomposição radicular e adições constantes de matéria orgânica para o solo.

4.2.1.2. Capacidade de troca catiônica (CTC)

A CTC representando o total de cargas negativas do solo, está relacionada com a maior parte dos nutrientes, incluindo também a acidez potencial (H+Al). Pelo peso que esse último componente tem relacionado com a MO, a CTC foi maior na camada superficial, depois decrescendo (fig. 6). Os maiores valores na superfície refletem a maior retenção de cátions (nutrientes) pela decomposição da biomassa, adição de dejetos dos bovinos (ciclagem dos nutrientes), além da maior concentração de MO do solo nessa camada.

4.2.1.3. Fosforo e Potássio

Assim como outros atributos químicos, o P apresentou diminuição da superfície até a camada mais profunda amostrada (fig. 5 E, F). A maior concentração observada na superfície também pode ser explicada pela ciclagem de nutrientes, tanto pelas plantas quanto pelos herbívoros. Segundo Lopez et al. (2023) em solos com deficiência de P o comprimento da raiz pode diminuir em um 14% e a biomassa radicular em 25 %, condições que apresentam situações adversas e modificam a arquitetura das raízes.

Por outra parte, a concentração de Potássio na camada 10 cm, com uma média de 170 (mg/dm³) pode estar relacionado ao acúmulo que as plantas tem deste elemento nas raízes, e que é utilizado para os processos metabólicos. A massa de raiz, chega a representar um 10% do peso seco da planta, e sendo a camada de 0-10 cm a que mais deposição e renovação de raiz apresenta, parte dessa concentração é fornecida pela raiz (Cruz-Ramirez et al. 2009).

Mas a deficiência de potássio no solo segundo Lopez et al. (2023) não registra problemas com o desenvolvimento de raízes em seu comprimento ou a biomassa radicular potencial, sendo o Fosforo o cátion determinante para a raiz.

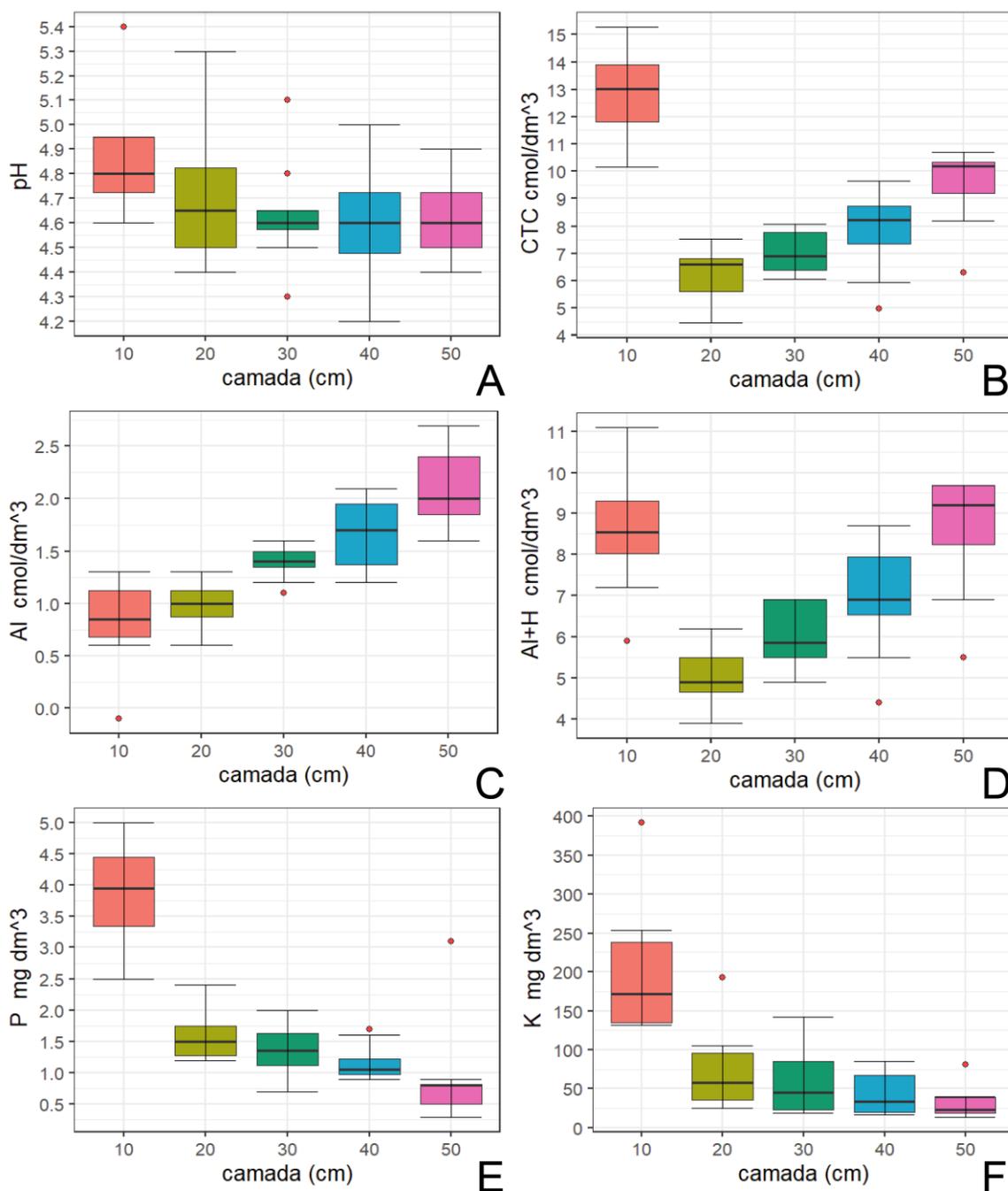


Figura 6. Química dos atributos do solo das áreas do Nativão, representação da média por camada dos pontos avaliados. A; pH, B: Capacidade de troca de cátions avaliada por camada até 50 cm de profundidade (cmol/dm³), C: Alumínio trocável (cmol/dm³), D: concentração de H+Al (cmol/dm³) E: Fosforo por camada (mg/dm³) F: Potássio (mg/dm³).

4.2.1.4. Alumínio

O levantamento de dados químicos permitiu identificar a capacidade da raiz para se manter em condições de toxicidade de elementos como é o caso do Alumínio que tem concentrações elevadas nas camadas mais profundas como e o caso da camada 50cm, com uma concentração de 2 (cmol/ dm³) visto na fig. 6 F.

Em relação na camada superficial 10cm, a proporção das raízes que ficam contidas na camada posterior consegue manter o valor deste atributo, mas como foi mencionado o efeito adverso que possui o alumínio para a raiz, a química do solo do campo nativo apresenta dificuldades para desenvolver raiz a profundidades maiores.

Na figura 7, se apresenta parte da química de microelementos referente aos pontos de trabalho das áreas do Nativão estudadas, sendo já um caso recorrente de este tipo de solo possuir valores mais elevados na camada 10 até 20 como é observado. Valores superiores de 2 (cmol/ dm³) e 1,3 (cmol/ dm³) pra Ca e Mg respectivamente, frente a camadas inferiores. Por outra parte concentrações de Boro: 0,60 (mg/ dm³), Cobre 1,3 (mg/ dm³) e Zinco 2,7 (mg/ dm³) conseguem se estabelecer na primeira camada de avaliação das áreas do campo nativo.

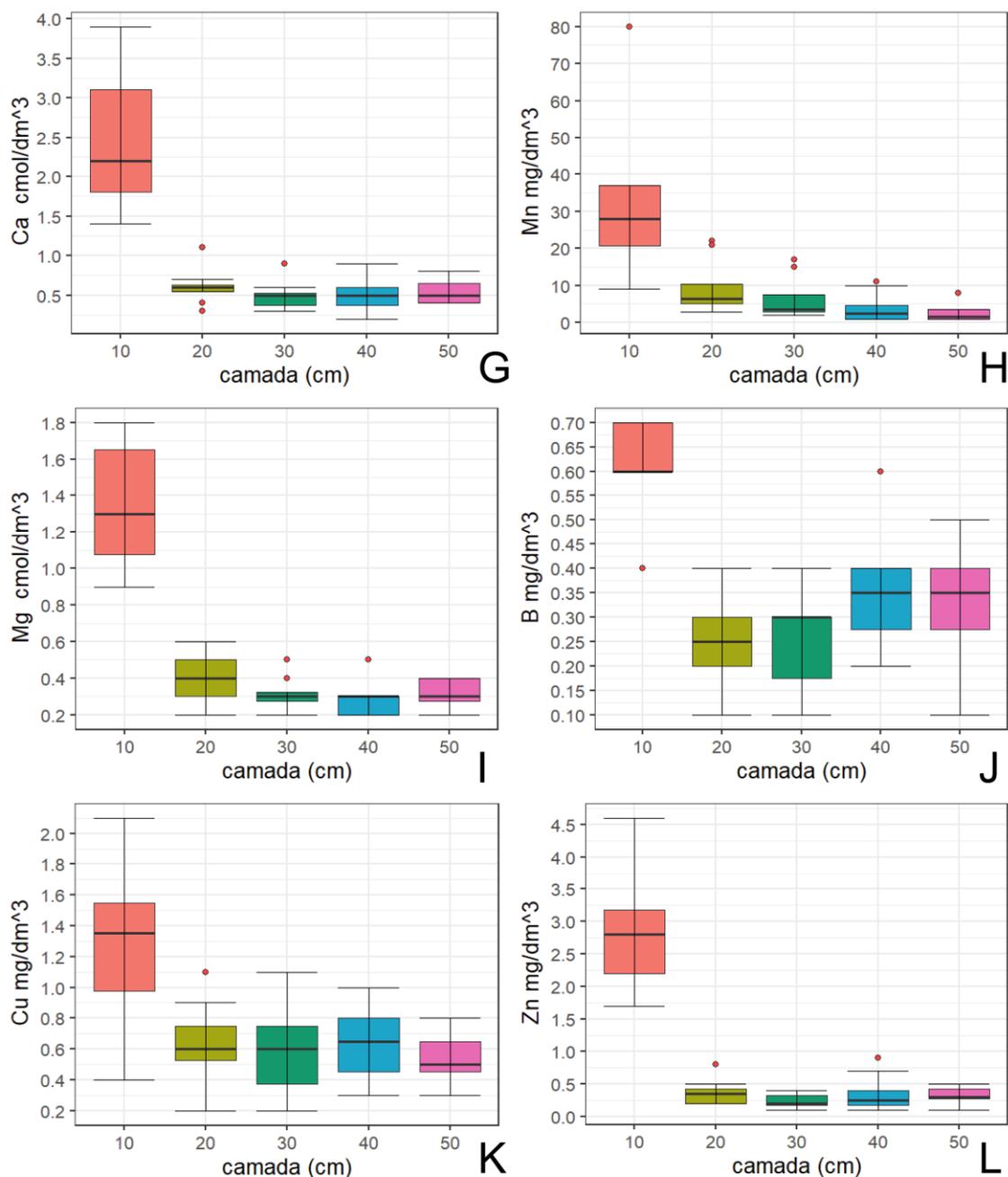


Figura 7 Química de microelementos das áreas de estudo no Natívão **G e I**: Cálcio (cmol/dm^3) e Magnésio (cmol/dm^3), **H,J,K,L**: Manganês (mg/dm^3), Boro (mg/dm^3), Cobre (mg/dm^3), e Zinco (mg/dm^3) respectivamente.

4.2.2. Comparação com estudos anteriores

Esta área de campo nativo onde conta com 37 anos de pesquisas propiciou informações relevantes sobre química do solo (Tabela 3). Antes disso, já poderíamos considerar a contribuição do próprio levantamento de solos da EEA-UFRGS (Mello et al., 1966) com de informações das diversas

trincheiras escavadas em diferentes unidades de mapeamento de solos, com dados até profundidades superiores a 1m. Mais recentemente, o estudo sobre biomassa subterrânea e aérea de Ataíde (2015) disponibilizou informações sobre atributos química, mas apenas na camada 0-20cm. O estudo considerou inclusive as parcelas do experimento (diferimento de outono/diferimento de primavera e sem diferimento), não havendo diferenças nos atributos químicos entre esses manejos nas diferentes OF, inclusive OF8%.

Dada a ausência da localização precisa das coletas dos estudos anteriores, as diferenças notadas poderiam ser atribuídas a variabilidade espacial natural dos solos e a própria acurácia dos métodos analíticos de rotina utilizados. De maneira geral, podemos inferir que não tem havido grandes mudanças nesses solos, como poderia ser o caso se fossem utilizados fertilizantes.

Tabela 3 Atributos químicos do solo, considerado a camada 0-20 cm avaliados em três estudos diferentes.

	pH	P mg/dm ³	Al cmol/dm ³	Ca cmol/dm ³	Mg cmol/dm ³	Al+H cmol/dm ³	CTC cmol/dm ³
Mello (1966)	4.5	1.1	1.1	1.6	1.3	5.2	8.6
Ataíde (2015)	5.0	3.3	0.5	0.8	0.6	3.9	5.5
<i>este projeto</i> (2022)	4.7	1.6	0.8	0.6	0.4	4.7	5.8

Os solos sob campos do experimento têm limitações naturais de fertilidade, por sua origem/gênese em rochas graníticas bastante intemperizadas. Entretanto a vegetação campestre típica do Pampa é adaptada a esta situação. As avaliações demonstraram que os solos no tratamento OF8% mantém atributos similares aos estudos anteriores realizados.

4.2.3. Atributos físicos

4.2.3.1. Densidade do solo (DS)

A análise da DS não revelou diferenças significativas entre as camadas avaliadas. Os valores observados (Fig. 8) são ligeiramente maiores na camada

10 com 1.46 e 1.55 g/cm³, e na camada 20 com 1.6 e 1.55 g/cm³, reportado por Salton et al. (2003) e Schirmann (2016) respectivamente em cada caso.

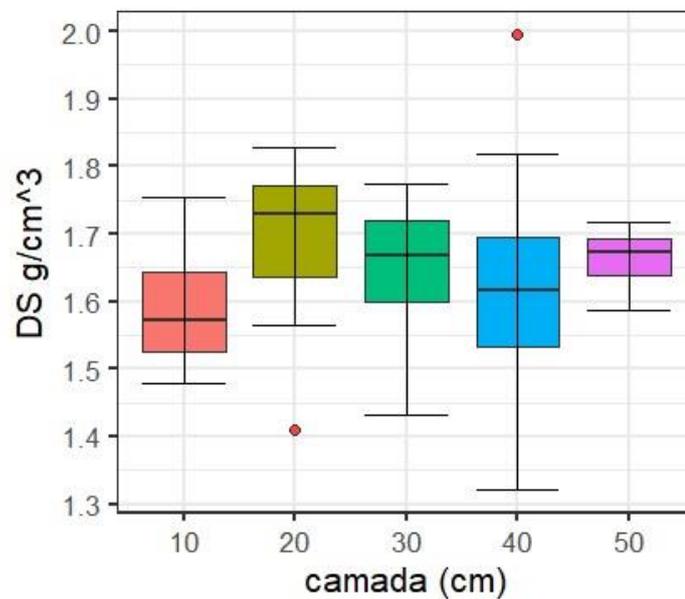


Figura 8. Densidade de solo das camadas até 50cm profundidade.

4.2.3.2. Porosidade

Na primeira camada, a extensa rede radicular que fornece este tipo de bioma (bulbos, rizomas, estolões, entre outros) fornece um amplo setor onde a micro porosidade tem seu acréscimo a diferença das camadas mais profundas. Por outro lado, ao contrário dos órgãos aéreos, as raízes das plantas devem exercer uma pressão de crescimento para penetrar em solos fortes e reorientar a sua trajetória de crescimento para enfrentar obstáculos como pedras ou leitos duros, ou para seguir os caminhos tortuosos da porosidade do solo. Kolb et al. (2017). Onde pelo meio físico a camada 50 cm oferece um 27% de microporos efeito do arranjo granulométrico próprio deste tipo Argissolos. Fig. 9

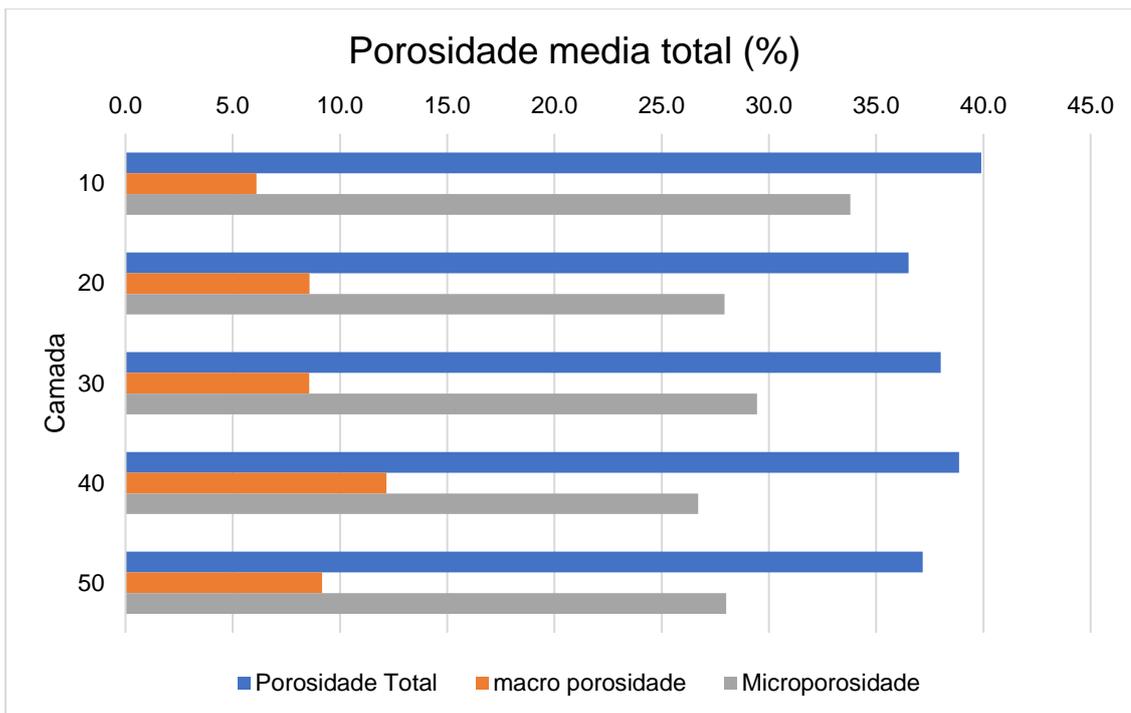


Figura 9. Porosidade total média dos pontos amostrados

Os solos no experimento têm limitações de fertilidade natural por sua origem/gênese em rochas graníticas bastante intemperizadas. Mas vegetação campestre típica do Pampa adaptada a esta situação. As avaliações demonstraram que os solos no tratamento OF8% mantêm atributos similares aos estudos anteriores identificados. Essa avaliação da porosidade nas camadas estudadas apresentou resultados similares a Salton et al (2008).

4.2.3.3. Síntese

Os campos do Nativão possuem mais limitações químicas pelo evidenciado nesta caracterização preliminar de atributos físicos e químicos e possível dizer que os Biomas mantem um status quo frente aos problemas que carrega este tipo de solo de baixa fertilidade e que apoia a preservação deste tipo de ecossistemas produtivos para o gado e que fazem um serviço ecossistêmico importante.

4.3. Caracterização da Composição florística, Biomassa superficial e Biomassa subterrânea em campos nativos do Pampa.

Este estudo exploratório foi conduzido nas parcelas de interesse para este estudo, notadamente aquelas com OF8%. A amostragem foi nas parcelas 7A e 3A com 2 pontos coletados por parcela. Os pontos foram selecionados para garantir amostragem da biomassa em iguais proporções de espécies cespitosas (touceiras) e rasteiras (prostradas). A figura 10 apresenta os quatro sítios em corte transversal selecionados



Figura 10. Descrição dos sítios de amostragem no experimento Nativão (parcelas 3A e 7A) **A.** Identificação botânica da vegetação existente das áreas. **B.** Corte de áreas porte alto e baixo de dimensões 50*50 cm em cada ponto. **C.** Armazenagem de biomassa aérea para posterior secagem. **D.** Perfil de extração de raiz de blocos de 1dm³ de solo.

4.3.1. Composição florística e Biomassa Área

Inicialmente foram selecionadas áreas de trabalho de 1,0 por 0,5 m e após avaliação expedita das espécies observáveis no momento do estudo a campo (no inverno-junho de 2022) como apoio de um profissional da botânica do Instituto de Biociências (IBIO/UFRGS). Em sequência foi realizada a

colheita da biomassa aérea das espécies presentes com quadrantes de 0,25 m², buscando cobrir áreas equivalentes que abrangessem tanto espécies de porte baixo quanto alto (Figura 11).

4.3.2. Biomassa Subterrânea

O protocolo utilizado para a extração da raiz usa modificações na metodologia exposta por Bohm (1979), para obter a maior quantidade de raízes de um volume de 1dm³. Segundo Buman et al. (1994) o método da trincheira e o método de extração de monolitos de solo obtêm resultados que refletem os processos dinâmicos da raiz, e permitem obter maior controle nos dados de atributos da raiz.

A amostragem de raízes foi realizada paralelamente aos pontos amostrados para biomassa superficial (abrangendo um retângulo de 1,0 por 0,5 m). Foi escavada uma trincheira que permitisse a amostragem do solo nessa área amostrada, mantendo a separação em blocos para espécies de porte alto (bloco A) e porte e baixo (bloco B) como se apresenta na figura 10.

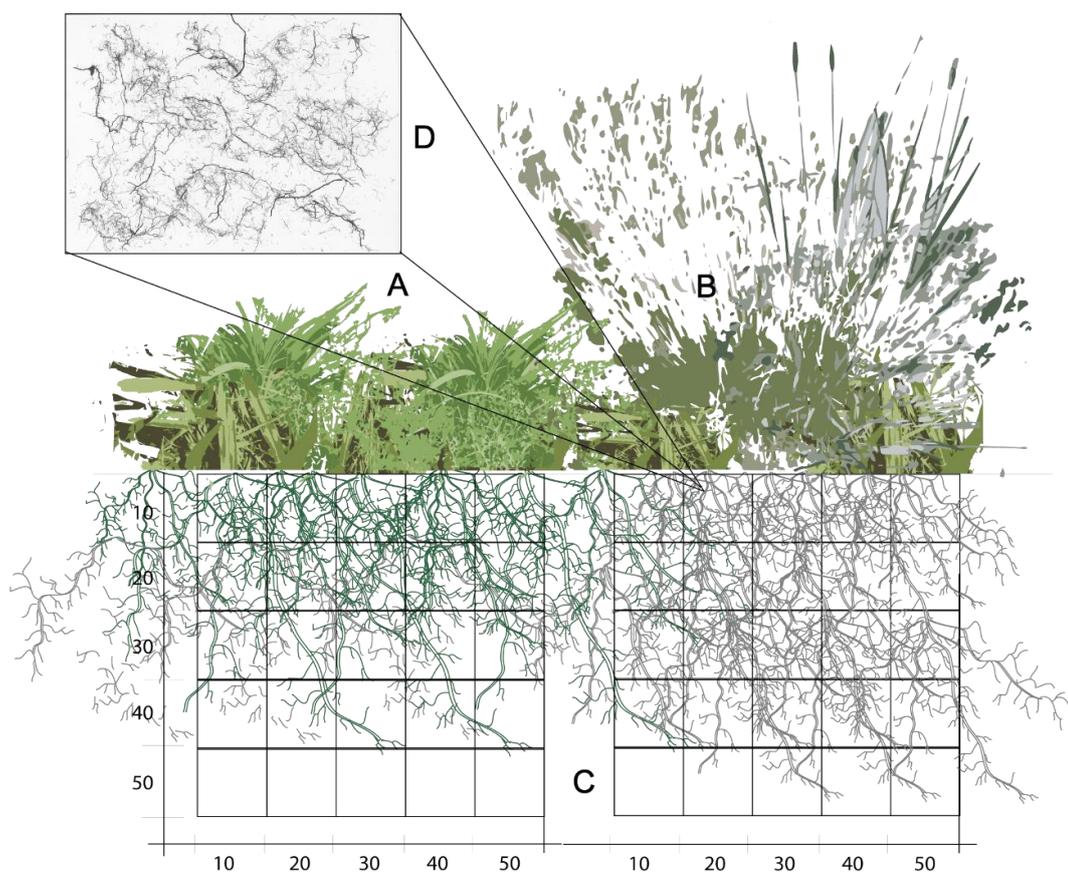


Figura 11. Esquema de amostragem das raízes até 50cm de profundidade, considerando as diferentes estruturas da vegetação (prostrado e cespitoso)

Após, cada bloco de dimensões 50x50 cm foi subdividido em pequenos quadrantes de 10x10x10 obtendo no final 25 quadros por cada bloco (Fig.11). Para a extração propriamente dita, foi empregado um aparelho fabricado em aço inoxidável, com as bordas biseladas para facilitar a inserção no perfil de solo que foi retirado com auxílio de uma espátula.



Figura 12. Aparelhos cúbicos de aço inox para extração de amostras de solo e raízes.

O aparelho extrator de raízes de aço inox já foi empregado em pesquisas que relacionam o atributo da RLD com a arquitetura da estrutura radicular (RSA) em culturas de milho (Chopart e Siband, 1999), sorgo (Chopart et al 2008), arroz (Dussere et al 2009), cana de açúcar (Chopart et al 2010; 2009; 2008), milheto (Faye et al. 2019) e eucalipto (Maurice et al 2010).; Os alvos de extração dessas pesquisas estão baseados na contagem de impactos da raiz nas três dimensões do cubo para efeitos de cálculo da RLD, onde é empregada uma modelagem matemática para cada tipo de cultura individual.

As vantagens deste método são o grau de corte da raiz e a mínima modificação da estrutura de solo que tem o extrator no momento da coleta. Extrações com um volume de solo maior, incrementam o trabalho e a logística, dificultando o transporte e diminuindo o número de amostras dentro de um perfil.

Neste estudo não foi realizada a contagem dos impactos da raiz, a elevada população de espécies de plantas nativas, dificultam a separação dos

sistemas radiculares que estão fortemente estabelecidos neste bioma. De modo que o estudo considerou a RLD como um parâmetro de avaliação do conjunto de espécies típicas do bioma Pampa. Um total de 200 amostras de 10dm³ de solo foram retiradas, 50 em cada ponto, as quais foram transportadas para o laboratório de solos para as seguintes etapas de preparação e lavagem posteriores.

4.3.2.1. Pré-tratamento das raízes e digitalização

Neste estudo foi adotado o máximo cuidado para evitar maiores danos aos tecidos vegetais coletados (raízes, bulbos, estolões), considerando que haverá inevitavelmente uma perda de cerca de 30% do material, devido à lavagem (conforme Bohm, 1979). Por outra parte utilizar meios mecânicos para acelerar o tempo de lavagem de uma maior quantidade de amostras pode comprometer a obtenção de atributos como o comprimento radicular, diâmetro e peso de raiz como é observado em Benjamin e Nielsen (2004).

Da mesma forma os reagentes que facilitam a dispersão do solo geram um dano considerável nos tecidos vegetais, neste caso foi utilizada água destilada como é sugerido por Thivierge et al. (2021) que obtiveram dados similares na hora de recuperar a maior quantidade de raiz frente a outros reagentes que favorecem a dispersão de partículas de solo. Consideramos que neste caso essas fontes de erro foram minimizadas pelo maior teor de areia desses solos (50-70%), que asseguraram facilidade parcial para separar o componente mineral dos sistemas radiculares.

As amostras dos monólitos de 1dm³ de solo (200 amostras) foram lavadas com água, e peneiradas a 1 mm, e refrigeradas a 4 graus centígrados em um meio de água destilada em frascos Falcon de 50 ml.

Posteriormente foram geradas imagens pelo software WinRizho 2015v com um Scanner EPSON X10000 Expression, no Laboratório de Solos e Ecologia Florestal-UNIPAMPA/São Gabriel. (LABSEF)

As imagens foram obtidas sob 600 DPI de resolução. Foram digitalizadas em conjunto todas as estruturas de biomassa subsuperficial (bulbos, rizomas, estolões), com os parâmetros de ingresso padrão do

software que produziu uma imagem com as especificações indicadas e um relatório de dados da área de observação do scanner. O software WinRizho 2015v, obtêm leituras confiáveis em condições em que os sistemas radiculares podem gerar sobreposição de vários tecidos da raiz na hora de estender as mesmas no escâner (Costa et al. 2000) já que nosso estudo tem uma variedade de segmentos e diâmetros de raiz.

Após a digitalização foi feita a drenagem do meio líquido e o secagem das 200 amostras em estufa a 50 graus centígrados para obter dados de massa seca, após da etapa de laboratório foi feita o processamento do relatório de atributos obtido pelo software WinRizho, quem faz uma avaliação detalhada da imagem, reportando cada parâmetro por separado em uma tabela de extensão “.txt” verificado por Gutierrez-Soto (2014). Os atributos MRS, COMP, RVOL, RLD, CLAS1, CLAS2, CLAS4, CLAS10, DIAMM e SURFAR foram parte dessa seleção de dados. O fluxograma geral de trabalho na figura 13.

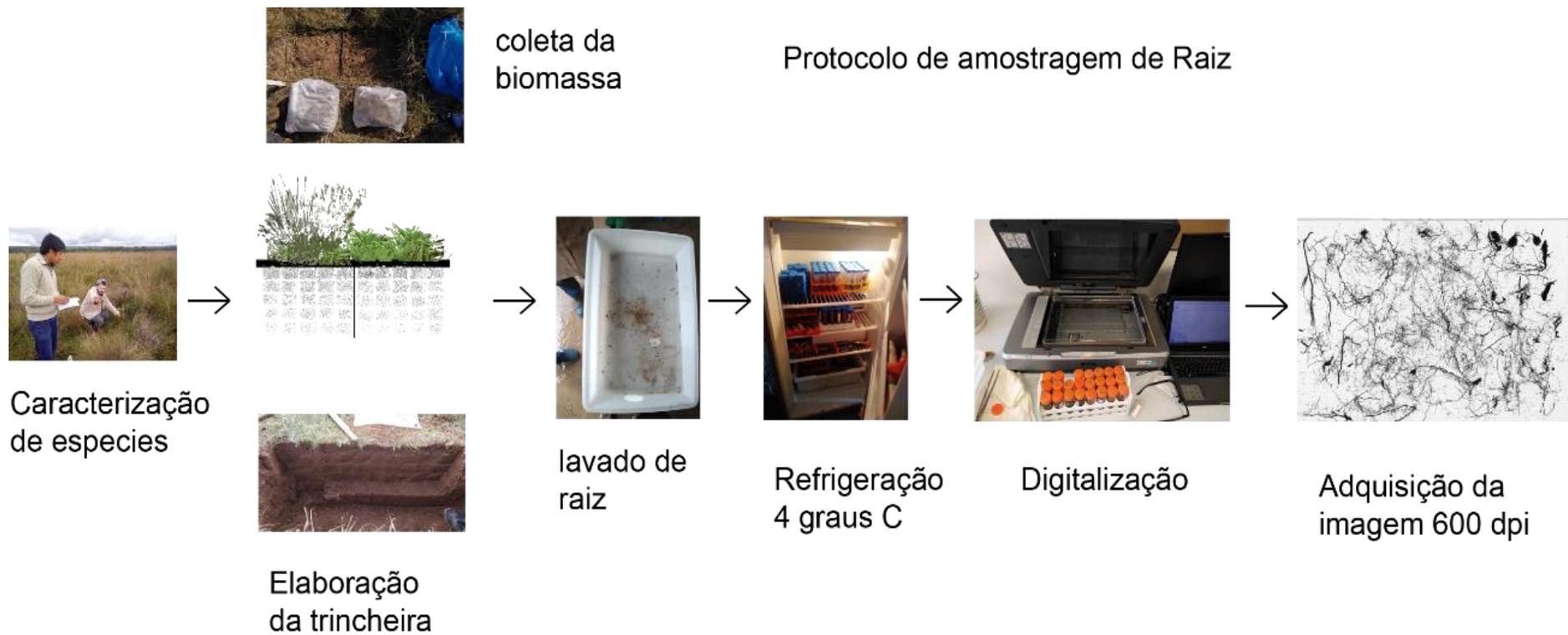


Figura 13. Fluxograma mostrando a sequência de trabalho até a avaliação digital das raízes

4.3.3. Estoques de Carbono da Raiz, Solo e a Planta

A determinação de C e N demandou um pré-tratamento nas amostras de tecidos da planta (biomassa aérea e raízes) e a fração mineral (para C do solo), sendo secas e moídas em gral de ágata.

Devido à pequena quantidade de raízes nas amostras obtidas conforme descrito na secção metodológica, uma sub amostra preparada pela composição de alíquotas por camada e bloco. Para a amostra da biomassa superficial foi obtida uma sub amostra por bloco. As amostras de solo também foram compostas por camada em cada ponto. Assim obtivemos 8 amostras da parte aérea, 24 amostras de solo e 40 amostras de raiz para determinação do teor de C realizada pelo método da combustão seca em com analisador elementar Thermo-Flash no LABCEN (Laboratório de Biotransformações de C & N) /Departamento de Solos–UFSM.

4.3.4. Cálculo dos estoques

Os estoques de COS em diferentes compartimentos do ecossistema campestre foram obtidos como descritos abaixo:

Biomassa superficial

$$C_{ba} = \%C * Biomassa$$

C_{ba} = Carbono biomassa superficial (Mg C ha⁻¹)

Biomassa = Biomassa superficial (Mg C ha⁻¹)

%C = C orgânico da biomassa aérea em %

Biomassa subsuperficial

$$C_{br} = \%C * Biomassa$$

C_{br} = Carbono (Mg C *há-1)

Biomassa = Biomassa subterrânea (Mg ha⁻¹)

%C = Teor de Carbono orgânico da biomassa subterrânea em %

Solo

$$ECOS = \%C * Ds * e$$

ECOS= estoque de Carbono do solo (Mg C ha⁻¹)

Ds = densidade do solo (Mg m⁻³)

%C = Carbono orgânico do solo em %

e = espessura da camada (m)

Análise dos Dados

Após a obtenção de atributos foi conduzida uma análise estatística descritiva das amostras. No R v4.3.2 (2022) foram feitos os gráficos boxplot e matriz de correlações e uma PCA para entender a variabilidade e as interações entre atributos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Composição Florística

A composição florística como é observada na Tabela 4, neste caso, como distribuição percentual, permite diagnosticar interações entre espécies, o grau de competição de uma espécie frente a outra. Quanto às espécies com presença na totalidade dos quatro locais avaliados tivemos: *Aristida laevis* (15%-25%), *Eryngium Horridum* (5%-15%) e o *Sorgastrum viride* (15%-30%). Conforme Boldrini et al. (2010) parte das fitofisionomias das áreas de Pampa compartilham a configuração encontrada em cada ponto avaliado das áreas do campo nativo.

Estudos preliminares de manejo da pastagem com este tipo de vegetação demonstra que espécies como o *Andropogon lateralis* e o *Paspalum notatum* podem apresentar sensibilidade em relação a sua posição no relevo (Escosteguy, 1990), explicando assim sua ausência no local 4 onde sua participação ficou inexistente.

Por outra parte Abichquer et al. (2009) e Guido et al (2016) chamam a atenção para a susceptibilidade que estas áreas campestres apresentam com o rápido estabelecimento de raízes de espécies invasoras como *Eragrostis plana*, nosso estudo ainda não identifico a presença desta espécie que modifica atualmente a arquitetura radicular do bioma pampa.

Uma comparação entre espécies cespitosas e rasteiras nos locais de avaliação revelaram uma relação geral cespitosa/rasteira, 5/2, 5/1, 5/3 nos locais 1,2 e 3 respectivamente, mas no caso do local 4 se tem uma relação 4/1. Tais quocientes revelam uma importante variabilidade nos campos amostrados.

Tabela 4. Avaliação da composição de espécies de plantas nos quatro locais amostrados dentro das áreas de campo nativo.

N.	Espécie	codificação.	tipo	Local			
				1	2	3	4
				distribuição de espécies por ponto (%)			
1	<i>Andropogon bicornis</i>	Anb	Cespitosa	-	-	5	-
2	<i>Andropogon lateralis</i>	Anl	Cespitosa	25	10	25	-
3	<i>Aristida laevis</i>	Arl	Cespitosa	15	30	30	25
4	<i>Centella asiática</i>	Cea	Rasteira	-	-	5	-
5	<i>Dichondra sericea</i>	Dis	Rasteira	-	5	-	15
6	<i>Eryngium ciliatum</i>	Erc	Cespitosa	5	-	-	-
7	<i>Eryngium horridum</i>	Erh	Cespitosa	5	10	15	10
8	<i>Paspalum notatum</i>	Pan	Rasteira	20	10	5	-
9	<i>Piptochaetium montevidensis</i>	Pim	Cespitosa	10	5	-	40
10	<i>Setaria parviflora</i>	Sep	Rasteira	5	-	5	-
11	<i>Sorghastrum cf. viride</i>	Sov	Cespitosa	15	30	10	10

-----100%-----

No caso da *Aristida laevis* segundo (Pinto et al. 2017) confere essa condição de espécie de alta competição frente a outras espécies diminuindo o índice de diversidade. Segundo Nabinger (2019) esta espécie tem uma condição natural de se estabelecer em solo de caráter ácido e bem drenado como foi observado nos dados preliminares da química dos solos em estudo.

Mas a presença de *Eryngium horridum* que em seu histórico segundo Troian et al. (1999) é uma planta indesejável e que apresenta uma relação com a quantidade de concentração de potássio muito elevada nos solos onde está espécie se estabelece. É dentro de nosso estudo que sua presença explica preliminarmente as quantidades elevadas de Potássio. Na figura 13 pode se observar a proporcionalidades de um ponto frente a outro com espécies rasteiras de menor presença nas parcelas avaliadas frente a touceiras e gramíneas de maior porte.

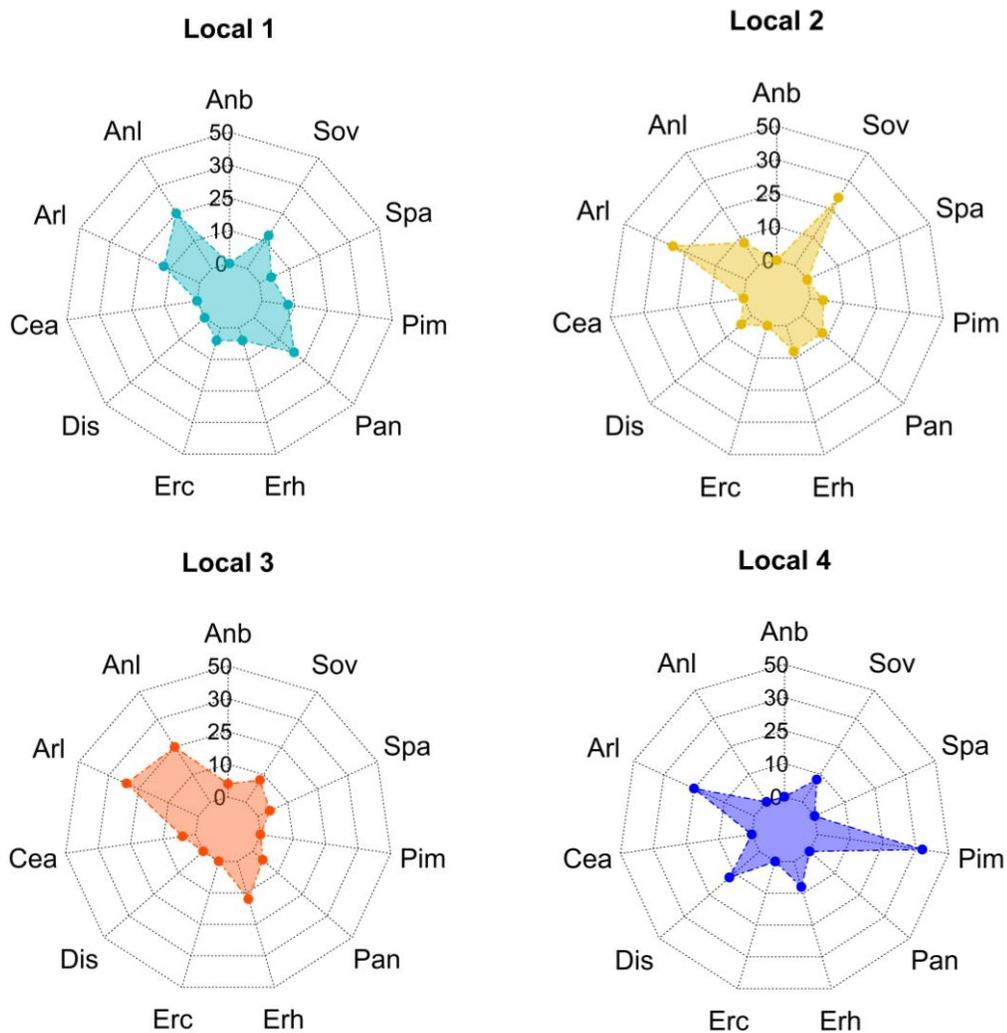


Figura 14. Distribuição percentual das espécies cespitosas e rasteiras dos 4 locais correspondentes nas parcelas 7A e 3A de OF 8%. **Anb:** *Andropogon bicornis*; **Anl:** *Andropogon lateralis*; **Arl:** *Arisitda laevis*; **Cea:** *Centella asiática*; **Dis:** *Dichondra sericea*; **Erc:** *Eryngium ciliatum*; **Erh:** *Eryngium horridum*; **Pan:** *Paspalum notatum*; **Pim:** *Piptochaetium montevidensis*; **Sep:** *Setaria parviflora*; **Sob:** *Sorghastrum cf. viride*

Na EEA/UFRGS predomina vegetação de campos (campos mistos), infestados por barba-de-bode (*Aristida jubata*) (MELLO et al., 1966). Espécies com um 5% de participação (Cea, Dis, Erc, Pan) caracterizadas como rasteiras, acrescentam o desejo por parte do gado no consumo de estas espécies de estrato médio e baixo segundo (Pinto et al., 2017). No caso do local 4 com um 40% de *Piptochaetium montevidensis*, traz consigo um desbalanceado da riqueza de espécies. No caso do *Sorgastrum viride* quem só conseguiu ter presença nesse ponto com um 10%. Tais observações indicam a possibilidade de uma importante competição ao nível de raiz pelos nutrientes disponíveis nesses campos.

5.2. Biomassa superficial

Os dados sobre a biomassa aérea nos pontos amostrados mostram uma condição de alta produção de biomassa em uma determinada superfície, que pode ser aproveitada tanto para alimentação do gado como uma opção de reciclagem de nutrientes no ecossistema campestre (Fig. 15).

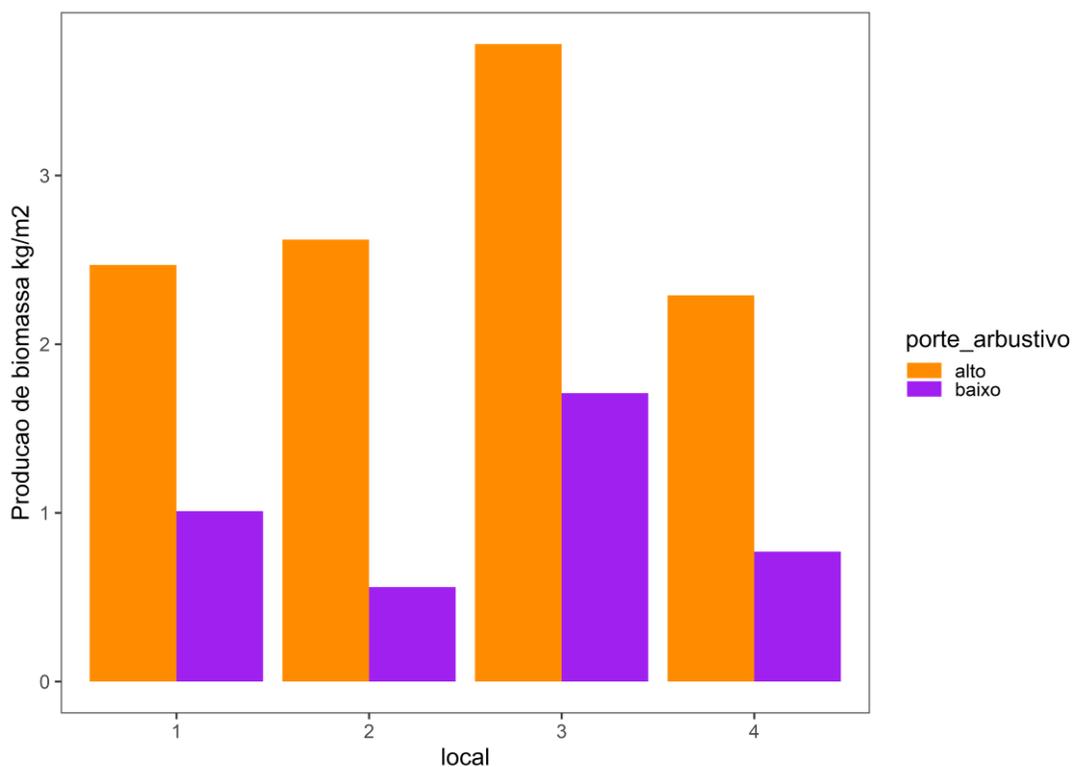


Figura 15. Biomassa aérea (kg MS/m²) nos locais de avaliação conforme as parcelas do tratamento OF 8% (no inverno – julho de 2022)

Observamos biomassa média entre diferentes estruturas da vegetação e pontos de 1,9 kg MS m⁻² no tratamento OF8% do Nativão. Esses valores observados em 2022 são mais elevados (cerca de x10) às médias reportadas por Ataíde (2015). Da mesma forma, a média geral reportada em OF8% em Carvalho et al. (2017) é de 0,4 kg MS m⁻², com máximo de 0,55 kg MS m⁻².

A diferença pode ser explicada pelo manejo conduzido no período antecedente à amostragem deste estudo: o experimento estava sendo conduzido sem pastejo desde junho de 2021, tendo havido grande acúmulo de biomassa nesse período sem pastejo. Além disso, nossa média comentada acima não é ponderada pela efetiva cobertura de touceiras na área, justamente onde se encontra a maior biomassa. Efetivamente observamos biomassa média entre porte rasteiro 0,95 kg MS m⁻², valores mais próximos da média para OF8% reportado por Carvalho et al. (2017).

5.3. Biomassa subterrânea

5.3.1. Massa seca de raiz

Os resultados mostram valores entre 1,72 até 3,42 g/100 cm³ da camada 0-10 cm. (fig.16). Observou-se que o 52 % da massa de raiz se encontra nos primeiros 10 cm do solo em contra parte na camada 50 só tem 5.2% sendo uma décima parte do consorcio de arquiteturas radiculares.

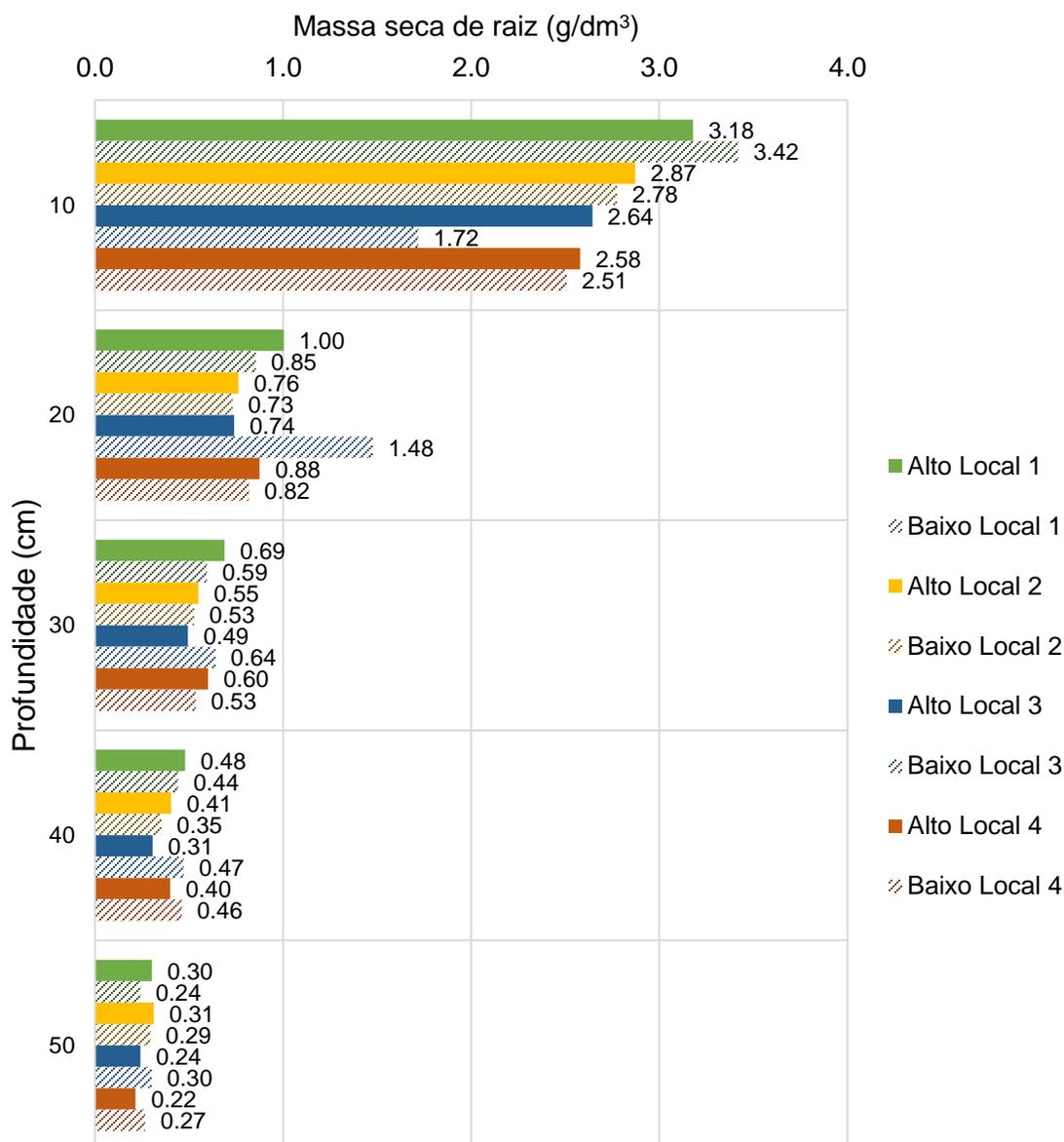


Figura 16. Biomassa subterrânea (MRS g / 1 dm³) nos locais avaliados com seus respectivos blocos. Bloco de porte alto (barra cor solido) e bloco com espécies de porte baixo (barra de padrão de linhas).

Ataíde (2015) observou a uma distribuição de raízes em padrão similar, mas somente até 30 cm profundidade (Figura 16). Em nosso estudo, encontramos mais de 13% da massa de raízes total nas camadas 30-40 e 40-50cm, que não foram consideradas naquele estudo. Por outro lado, a massa coletada por Ataíde (2015) foi maior em todas as camadas, totalizando 540 g/m², o que foi quase 20 g mais MS de raiz até 50 cm profundidade do que neste estudo (520 kg/ m²).

Há que considerar o fato dos valores observados no estudo de Ataíde (2015) serem médias de 4 coletas ao longo de 2 anos, incluindo amostragens na estação de crescimento (primavera/verão), portanto os valores são maiores porque teve oportunidade de amostrar maiores volumes de raízes.

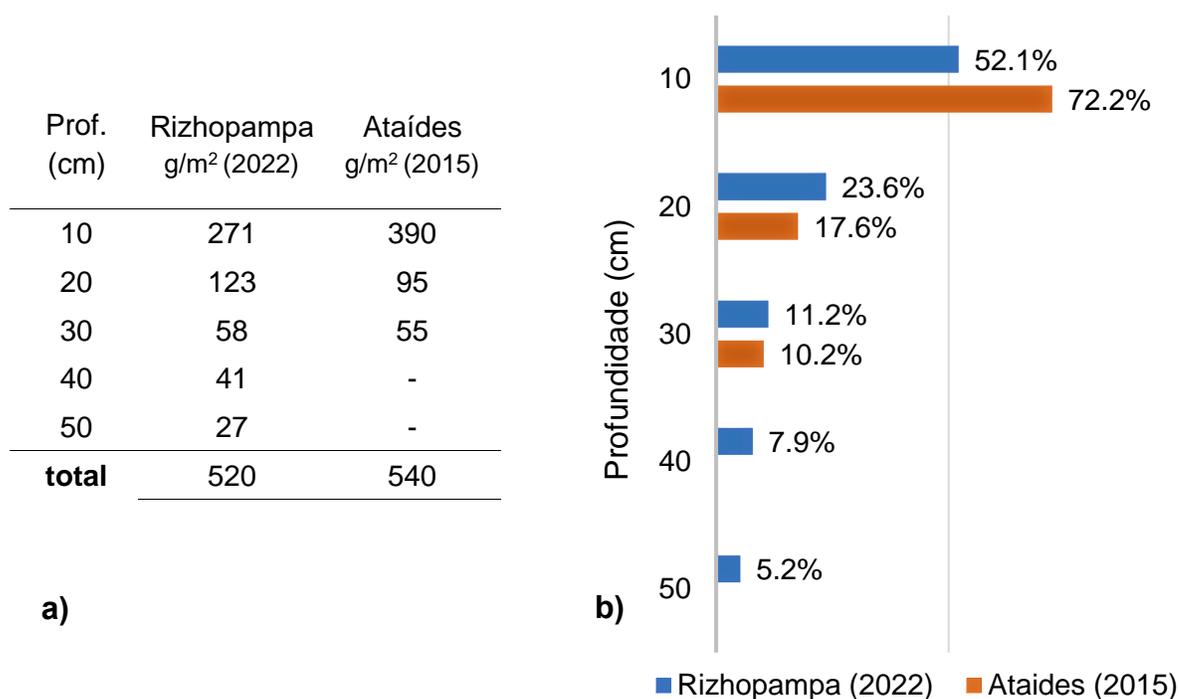


Figura 17. Massa seca de raízes por camada (média em g MS/m²). a) Comparativa em g/m² da raiz., b) Relação de percentual de massa de raiz em cada camada.

5.3.2. Volume de raiz

O volume de raízes por camada é apresentado na figura 18. Em termos gerais, a distribuição observada na camada é similar ao que foi observado quanto à massa de raízes. Observou-se que o 83 % do volume de raiz se encontra nos primeiros 30 cm do solo com o restante 17% distribuídas nas ultimas camadas de 30-50. Um 47,7% desta ocupação de raiz dentro do solo é concentrada na camada 10.

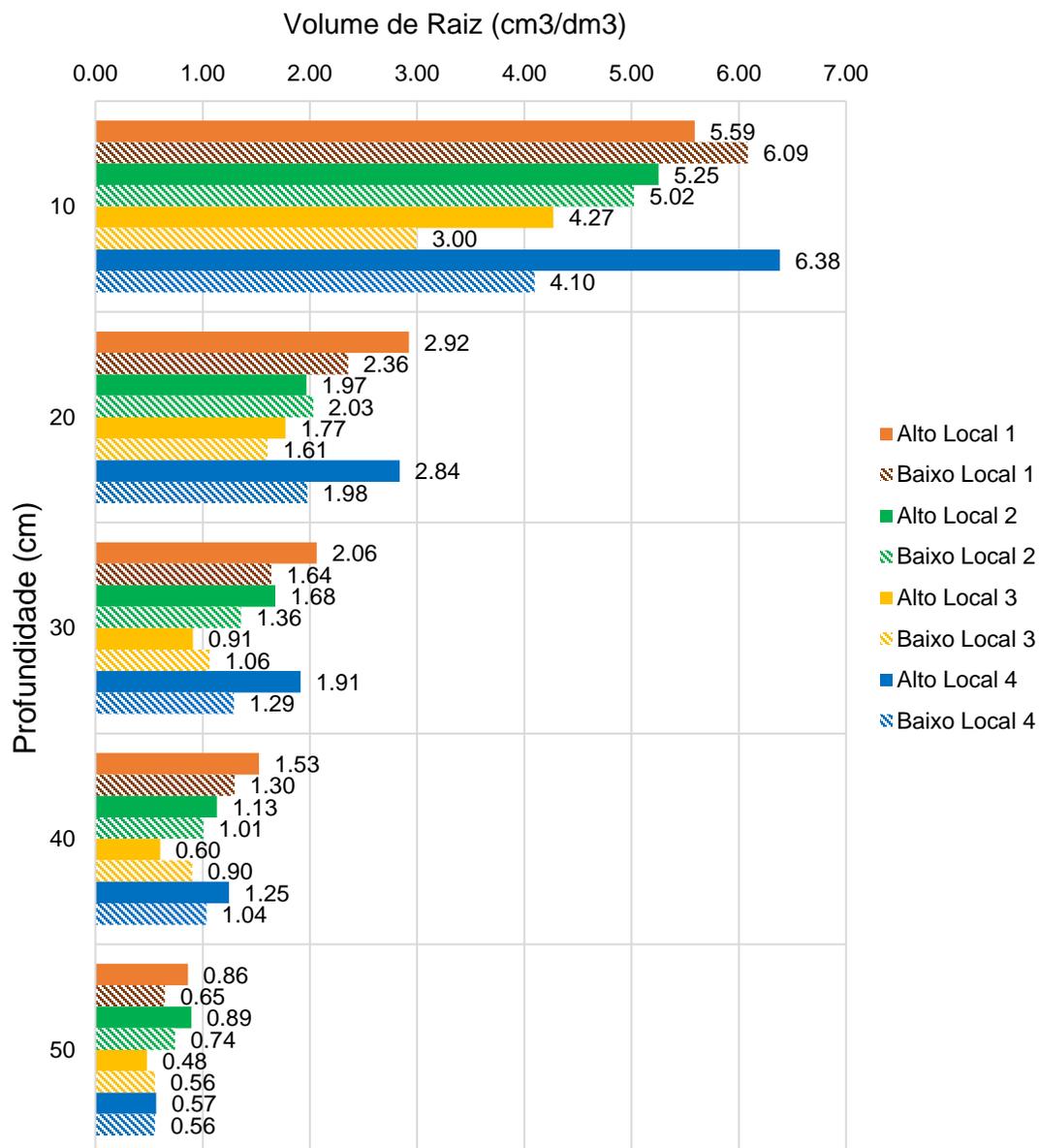


Figura 18. Volume médio da biomassa subterrânea (cm³/dm³) nos locais avaliados com seus respectivos blocos. Bloco de porte alto (barra de cor sólido) e bloco com espécies de porte baixo (barra de padrão de linhas).

5.3.3. Densidade de Comprimento Radicular (RLD)

Os resultados das avaliações feitas pelo WinRizho v2015, mostram como as estruturas radiculares foram-se estabelecendo ao longo do perfil até os 50cm de profundidade. Na Figura 19 se tem os diagramas de mapeamento vertical baseado na RLD em cm de raiz / cm³ de solo, atributo que apresenta valores entre 0,3 até 0,5 cm/cm³ dentro dos primeiros 30 cm de profundidade.

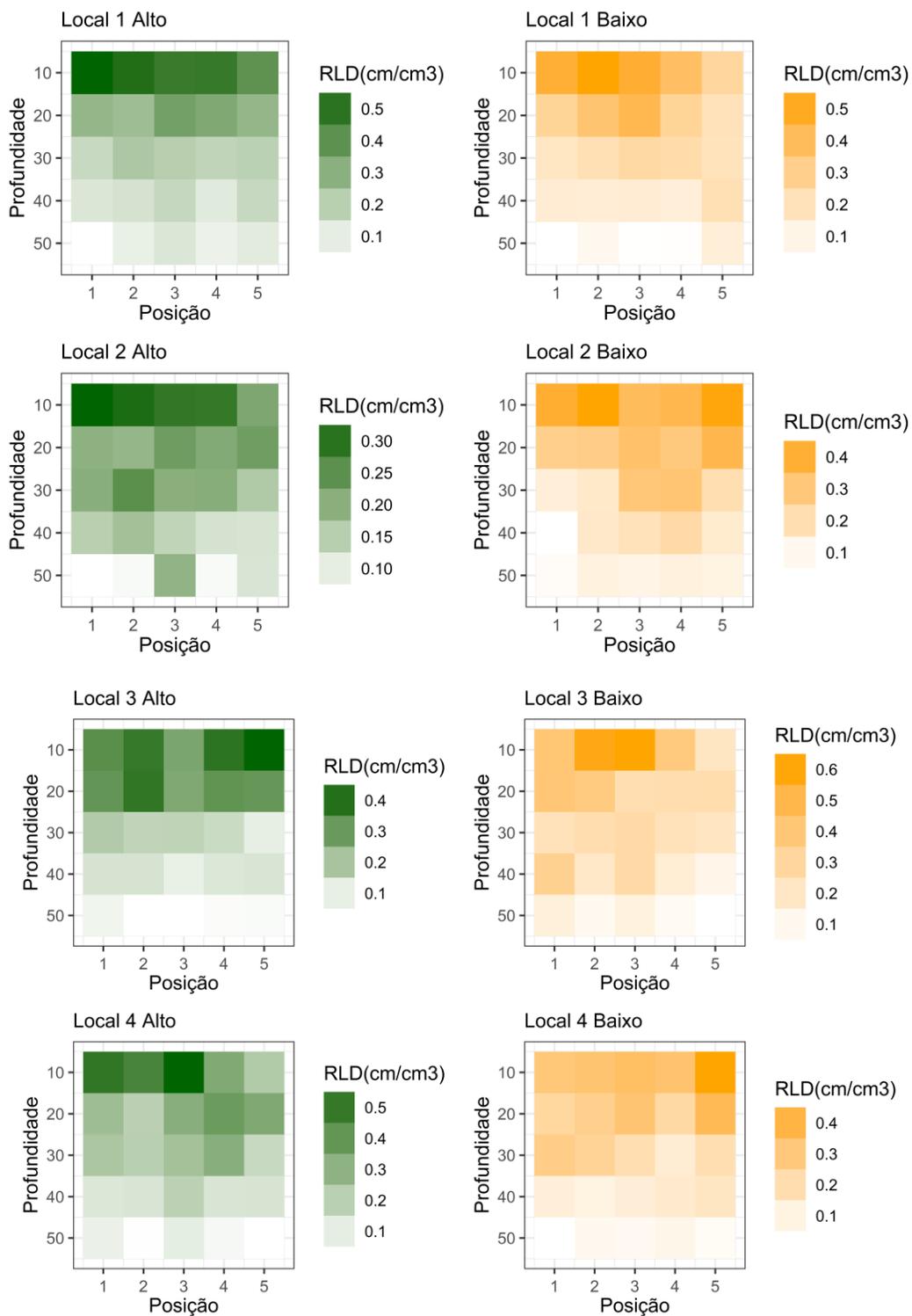


Figura 19. Distribuição vertical radicular expressa como RLD (cm/cm^3), escalas em cor verde (A) representam parcelas com espécies de porte alto e cores amarelas (B) para espécies de porte baixo.

5.3.4. Comprimento radicular nas classes de diâmetro

O software WinRizho v.2015 gerou uma classificação de 10 classes de diâmetros de raízes com faixas de participação entre cada uma delas entre 0 até >4,5mm. Neste estudo foram feitas agregações para 4 classes, das raízes mais finas para as mais grossas, na tabela 5 se descrevem os dados.

Tabela 5. Estatística descritiva por camada do conjunto de amostras de raiz coletadas (*)

	MRS g	COMP cm	RVOL cm³	RLD cm/cm³	CLAS1 0-0,5 mm	CLASS2 0,5-2,5mm	CLASS3 2,5-4,5mm	CLAS10 >4,5mm
Camada	0-10 cm							
máximo	5.59	6057.06	10.14	0.61	5353.15	1487.20	49.33	25.64
mínimo	1.04	2072.12	1.71	0.21	1670.15	245.25	2.77	0.00
media	2.71	3945.05	4.96	0.39	3210.39	702.01	21.58	9.25
Desv. p	0.94	1041.25	1.83	0.10	936.29	236.55	11.11	5.94
Camada	10-20 cm							
máximo	3.42	4250.15	3.69	0.43	3822.20	717.60	20.75	6.05
mínimo	0.42	1888.20	1.11	0.19	1578.68	139.31	0.16	0.00
media	0.91	2897.14	2.18	0.29	2511.08	380.47	3.60	0.51
Desv. p	0.45	615.14	0.62	0.06	603.16	125.82	4.57	1.39
Camada	20-30 cm							
máximo	0.84	3116.82	2.74	0.31	2743.62	478.86	7.91	3.06
mínimo	0.29	1011.98	0.66	0.10	869.77	81.23	0.00	0.00
media	0.58	2076.23	1.49	0.21	1814.21	259.67	1.24	0.13
Desv. p	0.15	485.33	0.55	0.05	437.80	104.99	1.79	0.50
Camada	30-40 cm							
máximo	0.67	3337.98	1.93	0.33	3218.38	349.98	10.99	1.03
mínimo	0.21	725.41	0.48	0.07	642.12	76.30	0.00	0.00
media	0.41	1499.27	1.09	0.15	1310.25	187.06	1.19	0.07
Desv. p	0.10	477.93	0.37	0.05	462.55	69.41	2.10	0.22
Camada	40-50 cm							
máximo	0.47	1923.23	1.55	0.19	1661.99	258.10	7.61	1.03
mínimo	0.16	441.53	0.27	0.04	336.49	48.24	0.00	0.00
media	0.27	878.12	0.66	0.09	763.41	113.70	0.63	0.03
Desv. p	0.07	328.00	0.25	0.03	303.01	43.03	1.37	0.16

(*) **MRS**: massa de raiz seca (g); **COMP**: comprimento radicular total (cm); **RVOL**: volume da raiz (cm³); **RLD**: Densidade do comprimento radicular cm/cm³; **CLASS1**, **CLASS2**, **CLASS3** e **CLAS10**: comprimento radicular por diâmetro de raiz (cm).

5.3.4.1. Estruturas radiculares finas (CLAS1 0-0,5mm)

As estruturas finas apresentaram ao longo de todo o perfil do solo com valores de comprimento radicular entre os 300 até os 5000cm. Estas estruturas desempenham um papel importante na absorção de nutrientes e intercâmbio químicos com solo. Em quanto na demanda de elementos como é o Fósforo

Zhang et al. (2018) enfatiza que estruturas finas de raiz e os pelos radiculares constituem o 91% da superfície radicular da planta, sendo nestas estruturas onde acontece a maior absorção de nutrientes.

Yadav et al, (2015) reforça o dinamismo de raízes de estrutura fina, estruturas inseridas no diâmetro 0-0,5mm as quais estão relacionadas com a rizhodesposição, no apêndice 4 se apresenta de forma mais detalhada a composição de raízes nas primeiras camadas dos perfis avaliados, as profundidades.

Por outra parte em estudos onde a profundidade de avaliação para obter o mapeamento da RLD, 1,5 m em milho (Chopart e Siband, 1999), sorgo (Chopart et al 2008), 1 m, arroz (Dussere et al 2009), 4 m cana de açúcar (Chopart et al 2010; 2009; 2008), milho (Faye et al. 2019) e 3m eucalipto (Maurice et al 2010), obtiveram uma maior valor da RLD nos primeiros 50 cm de perfil com culturas convencionais onde se tem um preparo mecânico do solo o que favorece a exploração por parte da raiz para se desenvolver ao longo do tempo.

Os valores em decremento do comprimento nesta faixa de raízes de diâmetro fino e relação a sua distribuição ao longo do perfil revela a forte presença dos efeitos adversos de camadas com uma quantidade de alumínio que reduz a atividade de raiz nas camadas mais profundas. Pelo apresentado nos diagramas de raiz de este tipo de raízes finas indica um crescimento preferencial nas camadas superiores, estratégia notavelmente seguida pela diversidade de espécies que tornaram a camada 10 como seu médio de estabelecimento e instalação.

5.3.4.2. Estruturas radiculares intermediarias e grossas (CLASS2 0,5mm-2,5mm; CLASS3 2,5mm - 4,5mm)

As raízes de diâmetro maior tendem a ter comprimento maior e um volume menor. São via principal de transporte de água e nutrientes para as raízes menores, este tipo de tecidos tem um maior impacto devido a que tem uma capacidade para penetrar o solo e formar uma maior rede de raízes de menor diâmetro para adquirir nutrientes dentro no solo.

Dentro de nosso estudo se reportaram valores muito altos nas camadas 10 e 20 com valores de comprimento de raiz entorno aos 7 cm até 1000 cm de comprimento radicular valores que repercutem na RLD. Caso similar em Lecain et al. (2016) com uma proporcionalidade de raiz de até 60% da estrutura total de raiz na primeira camada. Dados são apresentados no apêndice 5

5.3.4.3. Estruturas radiculares superiores (CLAS10 >4,5mm)

As quantificações de raízes nesta classificação incluem bulbos, estolões e tecidos maiores que uma raiz “normal”. E, por conseguinte sua localização é maior na primeira camada e só no caso do local 3-bloque A na camada 20, posição 3 e encontrada uma quantidade de bulbos que estão inseridos dentro de 1dm³ de solo. Dados são apresentados no apêndice 5

Este tipo de tecidos com diâmetro tem uma maior capacidade maior para acumular o carbono e nitrogênio no solo

5.4. Estoques de carbono e nitrogênio no campo nativo

5.4.1. Carbono e nitrogênio total em biomassa subsuperficial

Foram obtidos teores de C em raízes (incluindo bulbos, rizomas e estolões) superiores aos encontrados em solos minerais – nesse estudo obtivemos tendo uma média de 40,3%, variando de 38,7 a 43,8% (Fig. 23). São escassos os estudos que reportam teor de C e N em raízes. Yerena-Yamallel et al. (2020) em amplo estudo raízes em plantas de campos no México, que incluiu muitos gêneros comuns ao Pampa como *Paspalum*, *Cyperus*, *Cynodon* e *Andropogon* e *Aristida*, obtiveram teor médio de 36,4 % C. O N nas raízes apresenta uma redução de ~30% da superfície até camadas mais profundas, o que pode ser explicado pela maior adição via decomposição da MO e dejetos animais na camada superficial.

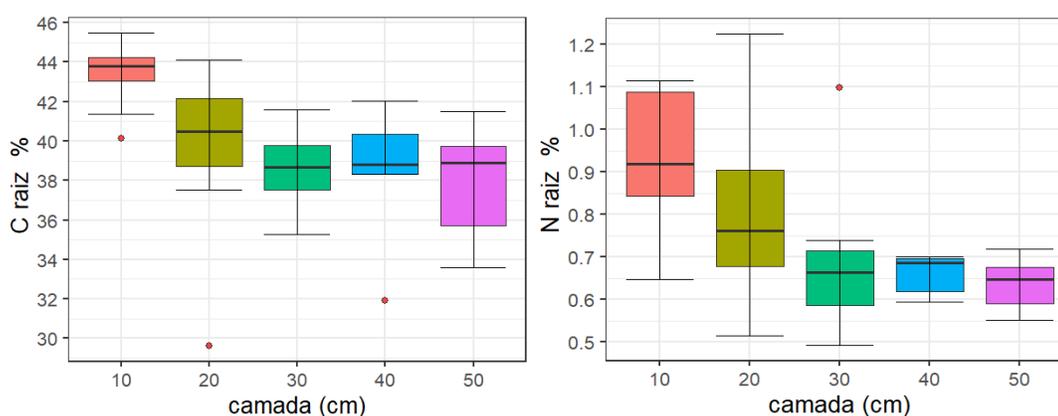


Figura 20. Carbono e nitrogênio total das estruturas radiculares por camada.

É importante ressaltar que na camada 0-10cm são encontradas a maior quantidade de bulbos, rizomas e estolões, que são estruturas de acúmulo de recursos, já em camadas mais profundas grande parte dos tecidos são raízes com diâmetros menores que 0,5mm, com menor teor de C e N.

5.4.2. Carbono na Biomassa Superficial

Na tabela 5 são apresentados os resultados da avaliação descritiva do componente aéreo, a biomassa gerada é uma condição resultante da combinação de espécies apresentadas na figura 17 da composição florística de espécies de

parte de vegetação alto e baixo, a resultante porcentagem de nitrogênio total e Carbono total, dos 4 locais de avaliação.

Tabela 6 Estatística descritiva referente aos teores de Ct e Nt conforme espécies de vegetação alto e baixo.

	porte da vegetação campestre			
	alto		baixo	
	Nt	Ct	Nt	Ct
	-----%-----			
máx.	0,70	41,92	1,12	42,66
min.	0,46	12,42	0,48	12,60
média	0,58	21,52	0,93	31,37
desvpad	0,10	13,73	0,30	13,03

É notável o valor de 31,37% C para espécies de porte baixo em comparação com 21,52% C nas espécies de porte alto, assim como N com 0,93% frente a um 0,58% nas espécies de porte e alto respectivamente. Estes dados são relevantes pois há predomínio de espécies de porte alto (cespitosas) que podem alcançar até 40% da cobertura do campo nessa OF (Carvalho et al, 2017). No local 4, com um predomínio de *Piptochaetium montevidensis*, pode-se inferir que as rasteiras oferecem um aporte considerável para acúmulo de N e C no sistema campestre.

5.4.3. Carbono e Nitrogênio total no solo

Os teores de C no variaram de 1,1% C na camada 0-10cm, com redução de cerca de 25 % para as camadas inferiores (Fig. 21). Esses valores são similares aos obtidos por outros estudos nos tratamentos OF8% do Nativão. Ataíde (2015) para a camada 0-20cm: média de 1,3%, desvio padrão 0,06%. Da mesma maneira, os valores encontrados por Schirman (2016) foram em média na camada 0-10 cm 1,4% C e 0,8 % C na camada 40-50 cm.

O N total do solo avaliado foi bastante similar ao C, o que é explicável pelo acoplamento do ciclo do N ao ciclo do C no compartimento solo nos ecossistemas, o que pode ser melhor visto na análise de correlação que segue.

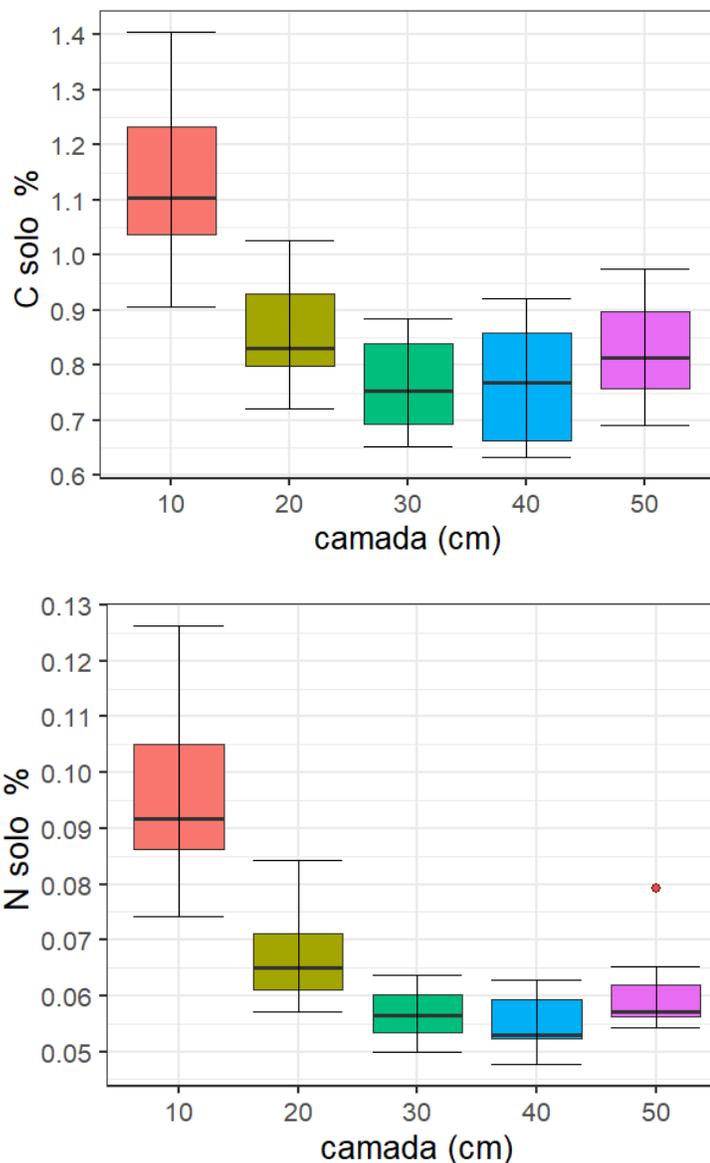


Figura 21. C e N das camadas de solo avaliadas nos 4 locais de amostragem.

5.4.4. Estoque de C e N no sistema campestre no Natívão

Uma síntese da distribuição do C e N é apresentada na figura 22, onde explicitamos as médias de estoques de C e N, em cada local avaliado, considerando a biomassa superficial, subsuperficial, e ECOS e estoque de Nt do solo. Em particular, a comparação entre ECOS é mais robusta em comparação à %C feita anteriormente, pois o efeito de variações de densidade do solo pode distorcer as interpretações (FERNANDES E FERNANDES, 2008).

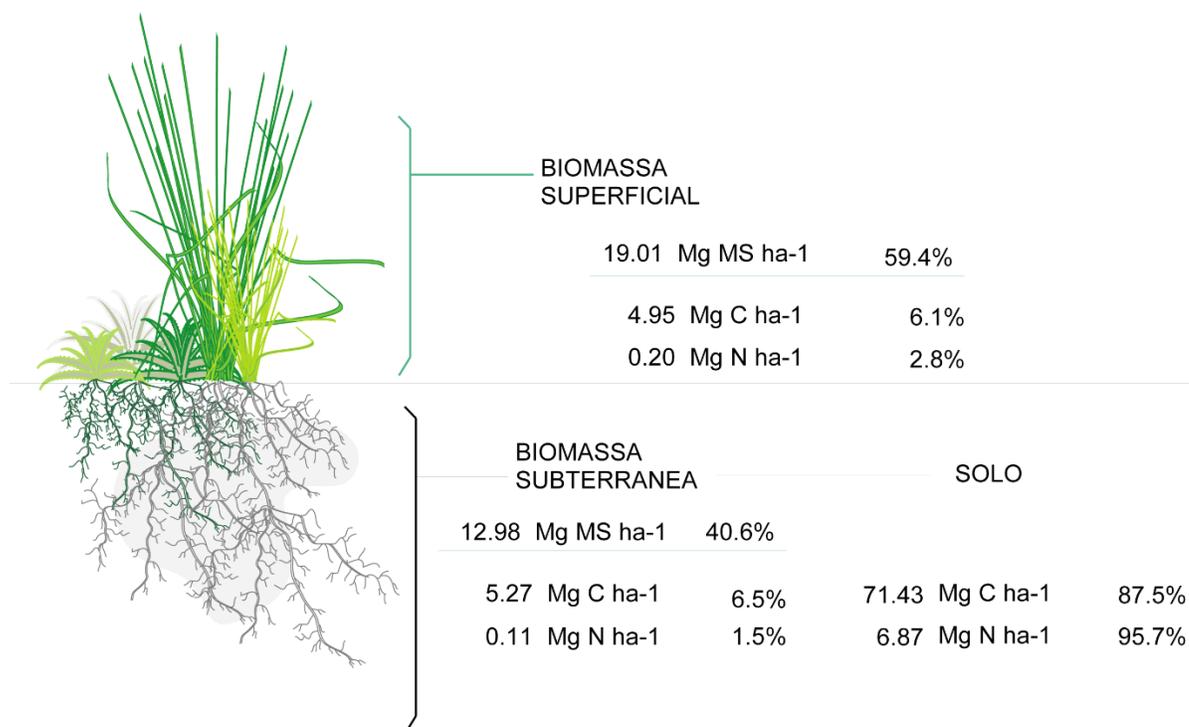


Figura 22. Estoques de C e N na biomassa e no solo (até 50 cm)

Ao avaliar esses resultados também é essencial considerar que se trata de uma observação pontual (no inverno de 2022), restrita aos 50cm de profundidade avaliados, de um sistema dinâmico, com grande variabilidade espacial intrínseca – o que é evidenciado no relatório sobre oferta de forragem dos 30 anos do experimento Nativão (Rosa et al, 2017): a biomassa superficial observada ao longo desse período variou entre 1,8 e 5,5 Mg MS ha-1. Por outro lado, Ataíde (2015) mostrou menor variabilidade da biomassa subsuperficial, inclusive evidenciando que o diferimento não afetou a relação entre biomassa superficial e subsuperficial em OF8%.

O N na biomassa é bastante reduzido (~5% do N total) com a maior parte do N estocado no solo. Há que considerar um possível viés originado pela coleta em período hibernar, com menor taxa de decomposição da MO (biomassa e solo), e ausência de pastejo, sem aporte de N via dejetos. Detectamos carência de estudos sobre o ciclo do N no contexto do Pampa para comparações e discussão mais robusta.

Um aspecto crucial no contexto atual de discussões sobre mudanças climáticas e mitigação dos gases de efeito estufa é a distribuição relativa tanto do C quanto N nesses sistemas campestres (Figura 22)

Os dados observados evidenciam a grande importância do compartimento “solo” na região de estudo no Pampa: mais que 87% do C está presente no ECOS e >95% do N na matéria orgânica do solo. Os 40% da biomassa presente como estruturas vegetativas subsuperficiais (raízes, bulbos, etc.) contribui apenas com 6,5% do C total.

5.5. Análise estatística

Uma análise de correlações feita no R é apresentada na Figura 23 incluindo os atributos de raízes e atributos físicos, químicos do solo, ordenados de forma decrescente em relação a sua contribuição na componente 1 efetuado pelo pacote `{corrplot}` na função “`order = FPC`”.

Cerca de um 80% dos atributos tem uma correlação positiva entre elas, posicionando ao Mg como o atributo de correlação positiva e de maior contribuição para o primer componente.

O Silte e a DS que são facilmente percebidos com uma correlação nula frente a uma maior parte dos atributos de raiz e o solo, inclusive frente aos poucos atributos com correlação negativa como é a ARG e os relacionados com o Alumínio.

A correlação negativa com valores acima do 0,4 por parte da SATAL, frente ao 95% das variáveis no PCA demonstram que foi atributo mais limitante na interação dos atributos solo-raiz.

A MRS teve correlação com as classes de raízes de diâmetros maiores, como era de se esperar.

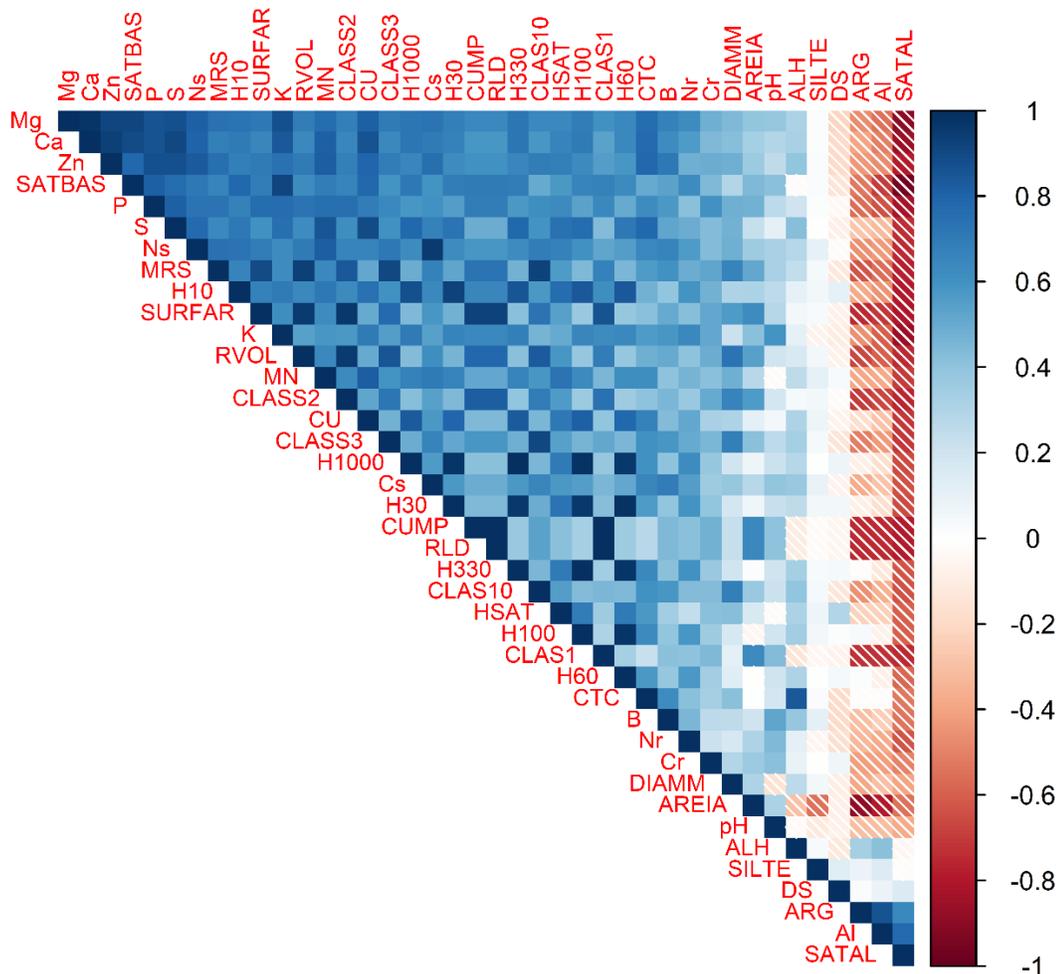


Figura 23. Resultado da análise de correlação dos atributos de raiz com variáveis químicas, e físicas das 200 amostras dos 4 locais avaliados.

A RLD teve correlação positiva com a CLASS1, provavelmente devido a que o maior comprimento radicular se baseia em raízes menores que 0,5 mm de diâmetro, as quais ocupam uma considerável distribuição nesse 1dm³ de solo. De outra parte os atributos CLASS3 e CLASS10 tem correlação negativa com RLD porque são tecidos apresentam maior diâmetro e que estão em proporções menores ao volume de solo quanto ao espaço ocupado: quanto maior seja a estrutura radicular, menor RLD. As correlações com RVOL são similares, pois uma grande parte das raízes avaliadas são menores que 0,5mm.

A análise de componentes principais (PCA) apresentada da Figura 24, estabelece 5 grupos compostos pelas camadas avaliadas (profundidades).

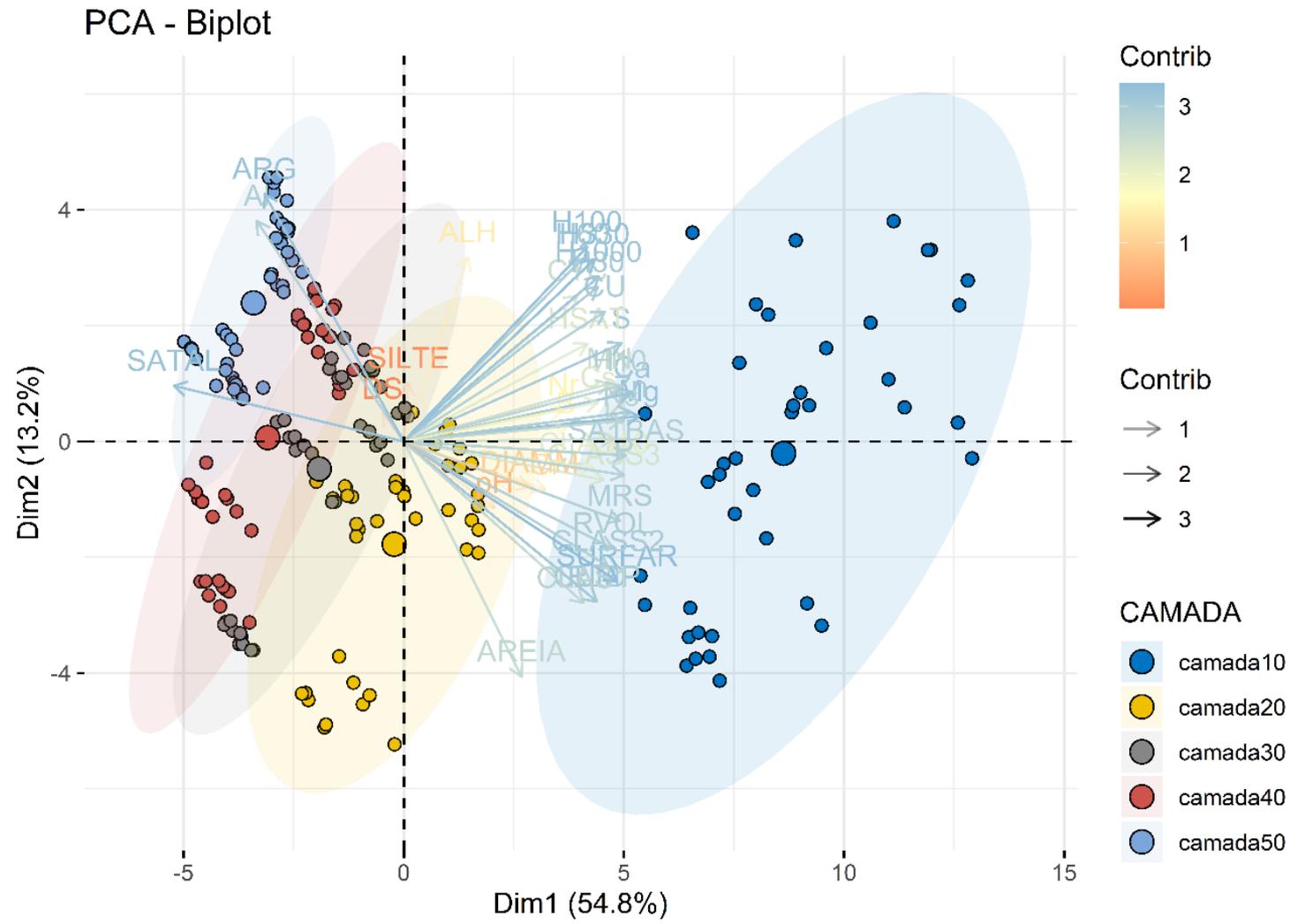


Figura 24. Biplot de PCA dos atributos de raiz/química de solo/física de solo

A análise de componentes principais explicou o 68% da variabilidade dos dados nas duas primeiras componentes. Apresentado na figura 25.

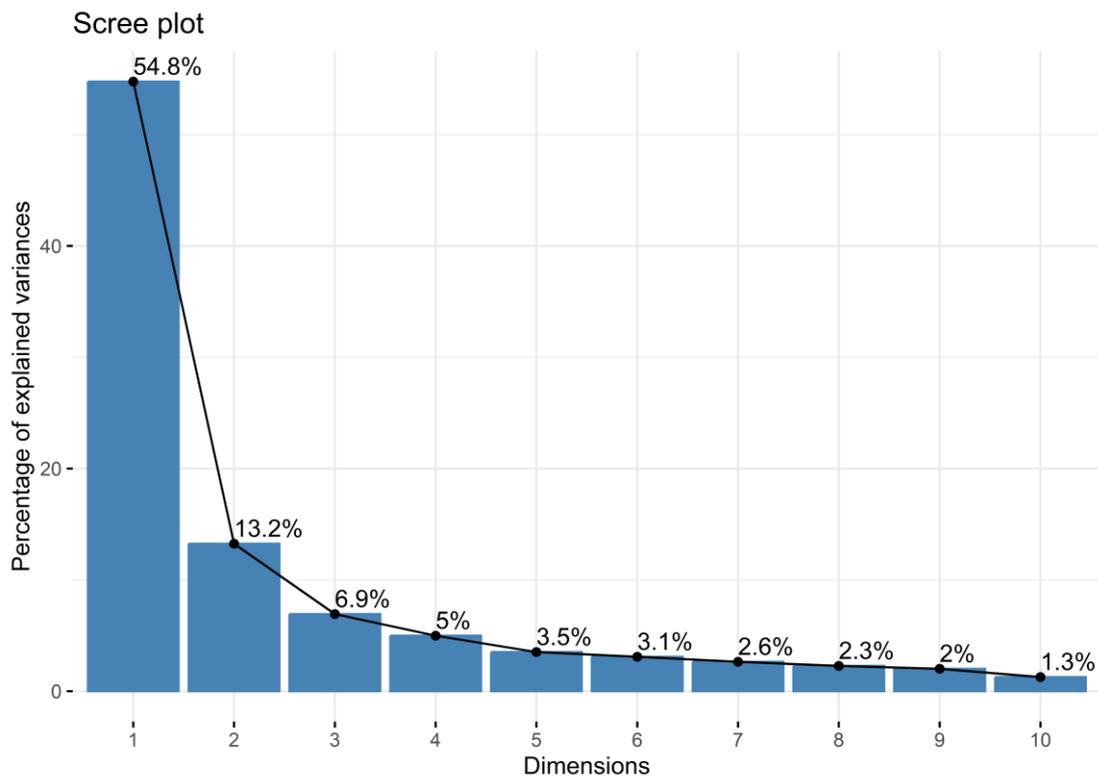


Figura 25. Porcentagem explicitado por componente resultado do Analise CP.

A componente 1 na PCA explica 54.8% da variabilidade dos dados, observa-se que agrupa a maior parte de atributos avaliados, de raízes, como área superficial, volume, massa seca, assim como atributos químicos relacionados com disponibilidade de nutrientes, e atributos físicos (Fig. 26). Este agrupamento de atributos acontece principalmente na camada superficial (0-10cm) onde a maior parte das estruturas radiculares se estabelecem, o que reflete a importância desta camada para o funcionamento do bioma, pois é ali onde acontecem processo como a absorção e a ciclagem de nutrientes entre outros. Observasse uma marcada diferença entre a camada superficial e as demais camadas do solo, principalmente com as camadas entre 30 e 50 cm. As contribuições da componente 2 explicando 13,2% da variabilidade dos dados mostra a relação das partículas de argila, com os atributos como a saturação de Al e a disponibilidade de água (H1000, H330), principalmente em camadas mais profundas como 40-50 cm (Fig. 26).

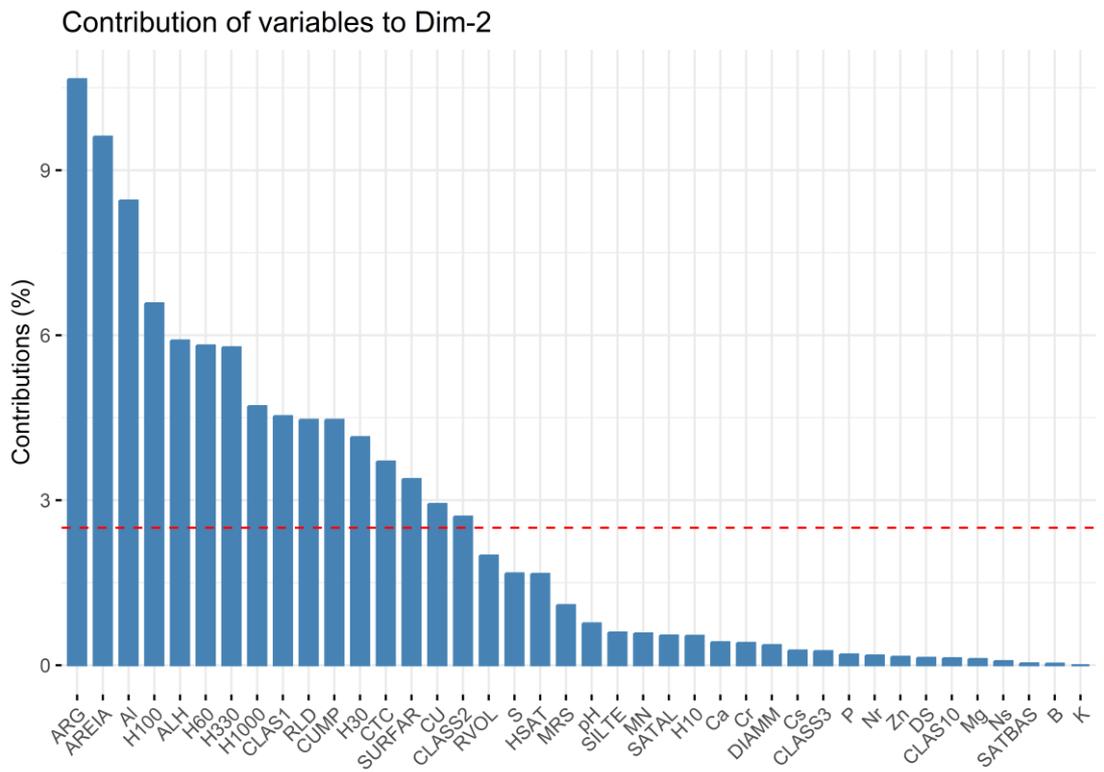
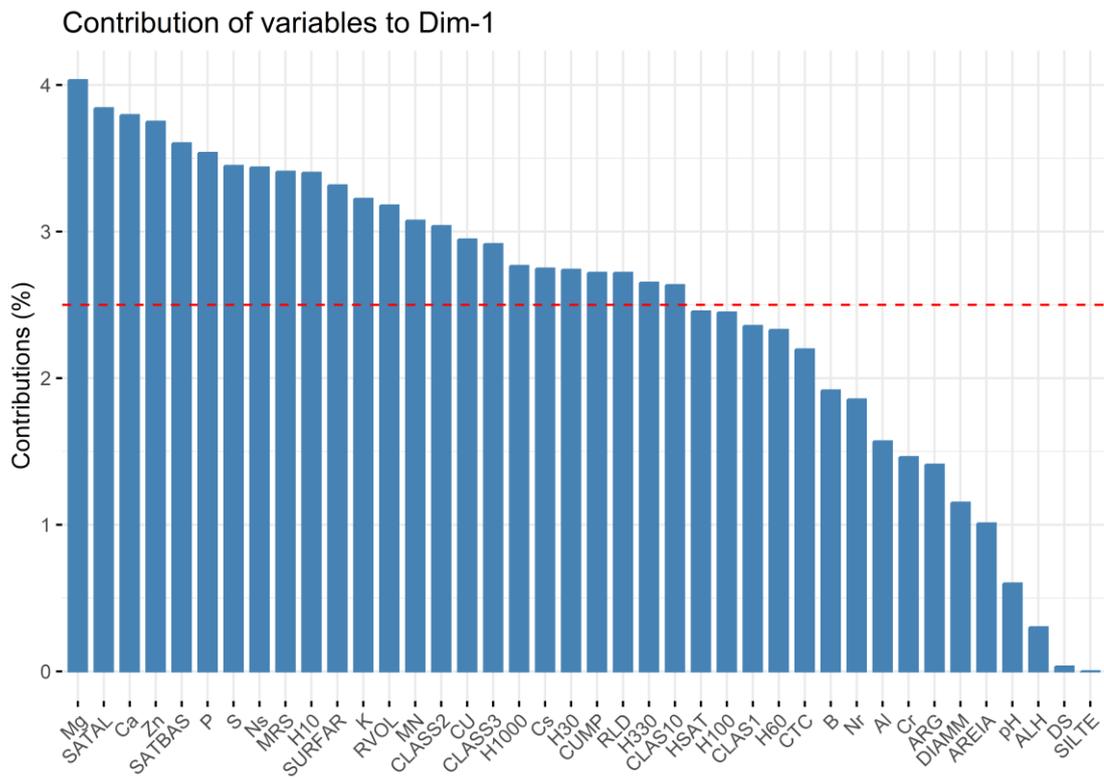


Figura 26. Contribuições relativas das variáveis incluídas na PCA das Dimensões 1 e 2 respectivamente.

Interações de atributos

Uma análise de correlação entre alguns atributos mostra a alta correlação entre o Carbono do solo com (Cs) com a com a massa de raízes (MRS). Por outra parte atributos como a densidade do solo e a quantidade de argila mostraram relações negativas com o C do solo (Fig. 27).

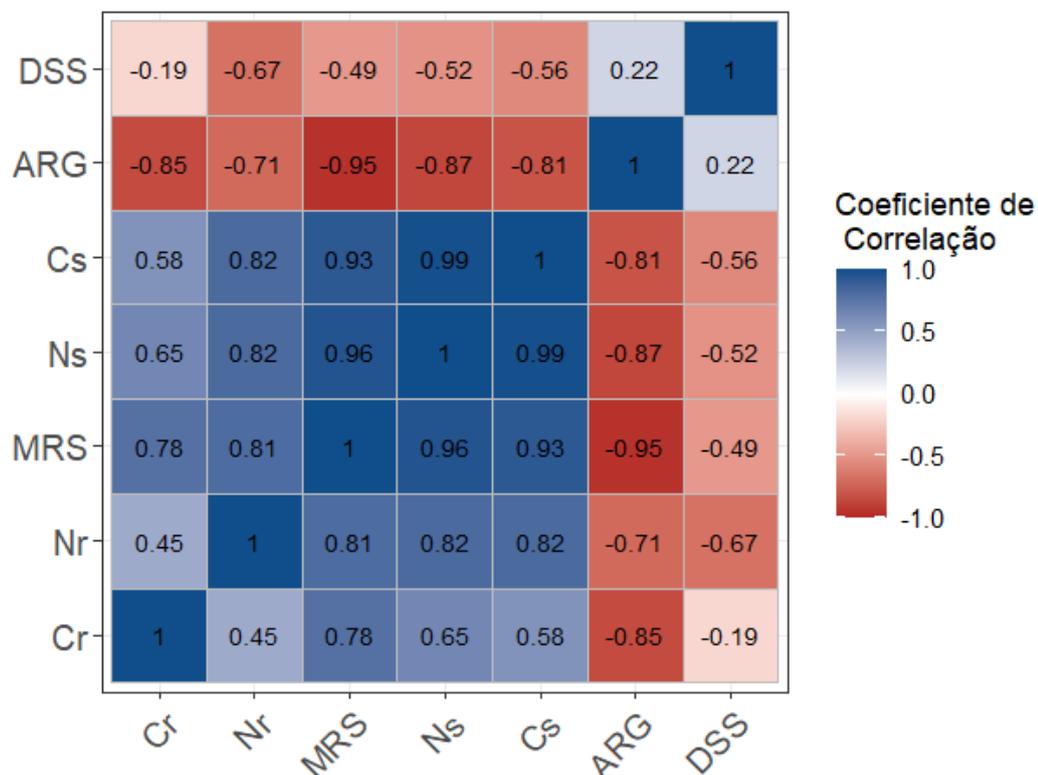


Figura 27. Resultados de Análise de Correlação de atributos Cr: carbono em raiz; Nr: Nitrogênio em raiz; Cs: Carbono em solo; Ns: Nitrogênio em solo; MRS: Massa seca de raiz; DSS: Densidade do solo ARG: Teor de Argila

Supreendentemente, o teor de argila (ARG) teve correlação negativa com Cs (-0,81). Usualmente são observadas correlações positivas entre teor de argila e C do solo (Hassink, 1994). Entretanto, em comparação entre camadas nesses Argissolos Vermelhos da EEA-UFRGS, tivemos teores de argila menores na superfície, justamente onde se observou o maior aporte de resíduos (mantilho) e raízes, e, portanto, acúmulo de C (Fig. 27). A correlação positiva observada seria esperada em comparação entre solos e produção de biomassa diferentes, como observado por Hassink (1997).

6. CONCLUSÕES

Uma porcentagem considerável de raízes grossas, rizomas, bulbos e estolões são encontrados na camada 0-10cm e reduzindo sua participação em camadas mais profundas. Observou-se que até o 30 cm a interação da raiz com os atributos físico e químicos do solo foi mais intensa do que nas camadas mais profundas.

O 87% de massa de raiz se concentram na camada 0-30cm. Entre 30-50cm encontram-se raízes finas (13% aproximadamente) o que pode o que poderia sugerir a redução da profundidade de amostragem para 30 cm (por exemplo) para fins de inventários de raízes.

Os solos no experimento têm limitações de fertilidade natural por sua origem/gênese em rochas graníticas bastante intemperizadas. Nestas condições se desenvolvem uma vegetação campestre altamente adaptada, em que seu sistema radicular apresenta um desenvolvimento homogêneo até os 30 cm ainda com alto níveis de alumínio.

Nas condições deste estudo os resultados indicam que a Biomassa superficial contribui com um 59% de MS e a biomassa subterrânea aporta um 41% de MS. O carbono fixado no sistema solo planta próprio do bioma pampa fica distribuído em um 87,5 % no solo, 6,5 na biomassa subterrânea, e o restante 6,1% na biomassa superficial

Mesmo com as limitações de um estudo sem avaliação multitemporal a distribuição relativa do C e N nos compartimentos dos campos

no Nativão mostrou a grande importância do C e N do solo, mas a contribuição da biomassa não pode ser diminuída porque em última análise a MO do solo é produto do desenvolvimento da vegetação presente nos campos nativos do bioma pampa ao longo do tempo. Há carência de estudos sobre a dinâmica e estoques do C e N nos ecossistemas campestres do bioma Pampa.

REFERÊNCIAS

- ABICHEQUER, A. D.; BICCA, A. M. O.; MEDEIROS, C. M. O.; SARAIVA, K. M. Crescimento e distribuição de raízes de capim-annoni-2 e do campo nativo: vantagem competitivo capim-annoni-2? **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 15, n. 1, p. 7-12, ago. 2009.
- ANDRADE, B. O. KOCH, C.; BOLDRINI, I. I.; VÉLEZ-MARTIN, E.; HASENACK, H.; HERMANN, J. M.; KOLLMANN, J.; PILLAR, V. D.; OVERBECK, G. E. Grassland degradation and restoration: a conceptual framework of stages and thresholds illustrated by southern Brazilian grasslands. **Natureza & Conservação**, Rio de Janeiro, v. 13, p. 95-104, 2015.
- ATAIDE, P. F.; NABINGER, C. **Biomassa subterrânea da pastagem natural sob intensidades de pastejo contrastantes e submetida a diferimentos**. 2015. 78 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.
- ATKINSON, D. Root characteristics: why and what to measure. *In*: SMIT, A. L. *et al.* (ed.). **Root methods: a handbook**. Berlin: Springer 2000. p.1-32. DOI 10.1007/978-3-662-04188-8. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-662-04188-8_1. Acesso em: 10 dez. 2022.
- BENJAMIN, J. G.; NIELSEN, D. C. A method to separate plant roots from soil and analyze root surface area. **Plant and Soil**, The Hague, v. 267, p. 225–234, 2004.
- BLOUIN, M.; BAROT, S.; ROUMET, C. A quick method to determine root biomass distribution in diameter classes. **Plant and Soil**, The Hague, v. 290, p. 371-381, 2007. Disponível em: <http://doi.org/10.1007/s11104-006-9169-1>. Acesso em: 11 fev. 2023.
- BOHM, W. **Methods of studying root systems**. Berlin: Springer, 1979. 188 p. (Ecological Studies, v. 33).
- BOLDRINI, I. I.; FERREIRA, P. M. A.; ANDRADE, B. O.; SCHNEIDER, A. A.; SETUBAL, R. B.; TREVISAN, R.; FREITAS, E. M. **Bioma Pampa: diversidade florística e fisionômica**. Porto Alegre: Pallotti, 2010. 64 p.
- BOLDRINI, I. Por que e para que conservar o Pampa? *In*: CONGRESSO SOBRE O BIOMA PAMPA, 1., 2020, Pelotas, RS. **Anais**. Pelotas: Editora UFPel, 2020. p. 12-29.
- BUMAN, R.; SCHUMACHER, T.; RIEDELL, W. A modified soil monolith technique for characterizing root systems. **Crop Science**, Madison, v. 34, p. 296-299, 1994.

BURKART, A. Evolution of grasses and grasslands in South America. **Taxon**, Utrecht, v. 24, n. 1, p. 53-66, 1975.

CABAL, C.; MARTÍNEZ-GARCÍA, R.; AGUILAR, A. C.; VALLADARES, F.; PACALLA, S. W. The exploitative segregation of plant roots. **Science**, Washington, DC, v. 370, n. 6521, p. 1197–1199, 2020.

CARVALHO, P. F.; BREMM, C.; WALLAU, M. O.; FREITAS, T.; NABINGER, C.; PINTO, C. T.; KUHN, J. G. (ed.). **Boletim Natívão: 30 anos de pesquisa em campo nativo**. Porto Alegre: UFRGS. Faculdade de Agronomia. Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia, 2017. 152 p.

CHOPART, J.-L.; LE MEZO, L.; BROSSIER, J.-L. Spatial 2D distribution and depth of sugarcane root system in a deep soil. *In*: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ROOT RESEARCH AND APPLICATIONS - ROOTRAP, 7., 2009, Vienna. [**Abstract papers**]. [Vienna]: ASRR, 2009.

CHOPART, J. ; LE MEZO, L.; MÉZINO, M. RACINE2: a software application for processing spatial distribution of root length density from root intersections on trench profiles. *In*: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ROOT RESEARCH AND APPLICATIONS - ROOTRAP, 7., 2009, Vienna. [**Abstract papers**]. [Vienna]: ASRR, 2009.

CHOPART, J.; RODRIGUES, S. R.; AZEVEDO, M. C.; MEDINA, C. C. Estimating sugarcane root length density through root mapping and orientation modelling. **Plant and Soil**, The Hague, v. 313, p. 101–112, 2008.

CHOPART, J.; SINE, B.; DAO, A.; MULLER, B. Root orientation of four sorghum cultivars: application to estimate root length density from root counts in soil profiles. **Plant Root**, Tokyo, v. 2, p. 67-75, 2008.

CHOPART, J.; SIBAND, P. Development and validation of a model to describe root length density of maize from root counts on soil profiles. **Plant and Soil**, The Hague, v. 214, p. 61–74, 1999.

CHOPART, J.; AZEVEDO, M. C. B.; LE MEZO, L.; MARION, D. Sugarcane root system depth in three different countries. *In*: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGIST, 27., 2010, Veracruz, Mexico. **Proceedings of the [...]**. Réduit, Mauritius: ISSCT, 2010. [p. 1-8].

COSTA, C.; DWYER, L. M.; HAMILTON, R. I.; HAMEL, C.; NANTAIS, L.; SMITH, D. L. A Sampling method for measurement of large root systems with scanner-based image analysis. **Agronomy Journal**, Madison, v. 92, p. 621-627, 2000.

CRUZ-RAMIREZ, A.; CALDERÓN-VÁZQUEZ, C.; HERRERA-ESTRELLA, L. Effect of nutrient availability on root system development. *In*: BEECKMAN, T. (ed.). **Annual plant reviews**. Chichester: Blackwell, 2009. v. 37, cap. 11, p.

288–324. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/9781444310023.ch11>. Acesso em: 20 dez. 2022.

DUSSERE, J.; AUDEBERT, A.; RADANIELSON, Q.; CHOPART, J-L. Towards a simple generic model for upland rice root length density estimation from root intersections on soil profile. **Plant and Soil**, The Hague, v. 325, p. 277–288, 2009.

ECHER, R.; CRUZ, J. A. W.; ESTRELA, C.; MOREIRA, M.; GRAVATO, F. Usos da terra e ameaças para a conservação da biodiversidade no bioma Pampa, Rio Grande do Sul. **Revista Thema**, Pelotas, v. 12, n. 2, p. 4-13, 2015.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solos**. 2. ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 212 p. (Documentos, 132). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/990374/1/ManualdeMto dosdeAnilisedeSolo.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2024.

ESCOSTEGUY, C. M. **Avaliação agrônômica de uma pastagem natural sob níveis de pressão de pastejo**. 1990. 231 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1990.

ESHEL, A.; BEECKMAN, T. (ed.). **Plant roots: the hidden half**. 4th ed. Boca Raton: Taylor & Francis, 2013.

FAYE, A.; SINE, B.; CHOPART, J-L; GRONDIN, A.; LUCAS, M.; DIEDHIOU, A. G.; GANTET, P.; COURNAC, L.; MIN, D.; AUDEBERT, A.; KANE, A.; LAPLAZE, L. Development of a model estimating root length density from root impacts on a soil profile in pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br). Application to measure root system response to water stress in field conditions. **PLoS ONE**, San Francisco, v. 14, n. 7, [art.] e0214182, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0214182>. Acesso em: 5 nov. 2022

FAYE, A.; LAPLAZE, L.; SINE, B.; CHOPART, J.-L. RACINE2.2: a software application for processing and mapping spatial distribution of root length density and potential root extraction ratio from root counts on trench profiles. In: LUCAS, M. (ed.). **Plant systems biology: methods and protocols**. New York: Springer, 2022. (Methods in Molecular Biology, v. 2395). p. 247–258. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-1-0716-1816-5_12. Acesso em: 17 ago. 2023

FERNANDES, F. A.; FERNANDES, A. H. B. M. **Cálculo dos estoques de carbono do solo sob diferentes condições de manejo**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2008. (Comunicado Técnico, 69). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAP-2009-09/56775/1/COT69.pdf>. Acesso em: 22 dez. 2022.

FRESCHET, G. T.; ROUMET, C.; COMAS, L. H.; WEEMSTRA, M.; A. BENGOUGH, G.; REWALD, B.; BARDGETT, R. D.; DE DEYN, G. B.; JOHNSON, D.; KLIMEŠOVÁ, J.; LUKAC, M.; MCCORMACK, M. L.; MEIER, I. C.; PAGÈS, L.; POORTER, H.; PRIETO, I.; WURZBURGER, N.; ZADWORNÝ, M.; BAGNIEWSKA-ZADWORNÁ, A.; BLANCAFLOR, E. B.; BRUNNER, I.; GESSLER, A.; HOBBIE, S. E.; IVERSEN, C. M.; MOMMER, L.; PICON-COCHARD, C.; POSTMA, J. A.; ROSE, L.; RYSER, P.; SCHERER-LORENZEN, M.; SOUDZILOVSKAIA, N. A.; SUN, T.; VALVERDE-BARRANTES, O. J.; WEIGELT, A.; YORK, L. M.; STOKES, A. Root traits as drivers of plant and ecosystem functioning: current understanding, pitfalls and future research needs. **New Phytologist**, Oxford, v. 232, n. 3, p. 1123-1158, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/nph.17072>. Acesso em: 17 jun. 2022.

GUIDO, A. **Suscetibilidade de comunidades campestres à invasão por plantas exóticas invasoras**. 2016. 156 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

GUTIERREZ-SOTO, M.; TORRES-ACUÑA, J.; ARAYA-ALFARO, J. M. Uso de winrhizo® en la cuantificación de las raíces y su aplicación en la palma aceitera (*Elaeis guineensis* jacq.) **Agronomía Mesoamericana**, San José, v. 25, n. 1, p. 181-188, 2014.

HASSINK, J. Effect of soil texture on the size of the microbial biomass and on the amount of C and N mineralized per unit of microbial biomass in Dutch grassland soils. **Soil Biology and Biochemistry**, Amsterdam, v. 26, n. 11, p. 1573-1581, 1994.

HASSINK, J. The capacity of soils to preserve organic C and N by their association with clay and silt particles. **Plant and Soil**, The Hague, v. 191, n. 1, p. 77-87, 1997.

JACKSON, R. B.; CANADELL J.; EHLERINGER, J. R.; MOONEY, H. A.; SALA, O. E.; SCHULZE, E. D. A global analysis of root distributions for terrestrial biomes. **Oecologia**, Berlin, v. 108, n. 3, p. 389-411, 1996.

KÄTTERER, T.; BOLINDER, M. A. Roots contribute more to refractory soil organic matter than above-ground crop residues, as revealed by a long-term field experiment. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 141, n. 1/2, p. 184-192, 2011.

KOLB, E.; LEGUÉ, V.; BOGEAT-TRIBOULOT, M.-B. Physical root–soil interactions. **Physical Biology**, Bristol, v. 14, [art.] 065004, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1088/1478-3975/aa90dd>. Acesso em: 22 dez. 2022.

KUZYAKOV, Y.; DOMANSKI, G. Carbon input by plants into soil. Review. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, Weinheim, v. 163, p. 421-431, May 2000.

LAZAROVITCH, N.; VANDERBORGHT, J.; JIN, Y.; GENUCHTEN, M. The root zone: soil physics and beyond. **Vadose Zone Journal**, Madison, v. 17, n. 1, p. 1-6, Feb. 2018.

LECAIN, D. R.; MORGAN, J. A.; MILCHUNAS, D. G.; MOSIER, A. R.; NELSON, J. A.; SMITH, D. P. Root biomass of individual species, and root size characteristics after five years of CO₂ enrichment on native shortgrass steppe. **Plant and Soil**, The Hague, v. 279, p. 219–228, 2006.

LIU, Y.; GUO, L.; HUANG, Z.; LÓPEZ-VICENTE, M.; WU, G.-L. Root morphological characteristics and soil water infiltration capacity in semi-arid artificial grassland soils. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 235, [art.] 106153, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106153>. Acesso em: 11 dez. 2022.

LOPEZ, G.; AHMADI, S. H.; AMELUNG, A.; ATHMANN, M.; EWERT, F.; GAISER, T.; GOCKE, M. I.; KAUTZ, T.; POSTMA, J.; RACHMILEVITCH, S.; SCHAAF, G.; SCHNEPF, A.; STOSCHUS, A.; WATT, M.; YU, P.; SEIDEL, S. J. Nutrient deficiency effects on root architecture and root-to-shoot ratio in arable crops. Systematic review. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 13, [art.] 1067498, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1067498>. Acesso em: 5 set. 2023.

LÓPEZ-MARSICO, L.; PESTONI, S.; CONTI, G.; PÉREZ-HARGUINDEGUY, N.; PASTUR, G. M.; PINTO, P.; SARQUIS, A.; REYES, M. F.; PERI, P.; PIÑERO, G. Out of sight... What can be done in order to further include the belowground compartment in vegetation studies? **Ecología Austral**, Buenos Aires, v. 30, p. 175-181, 2020.

LUO, H.; XU, H.; CHU, C.; HE, F.; FANG, S. High temperature can change root system architecture and intensify root interactions of plant seedlings. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 11, [art.] 160, 2020.

MARTINS, A. P.; DENARDIN, L. G. O. Impactos no solo: características físicas e químicas do solo. In: CARVALHO, F. P. *et al.* (ed.). **NATIVAO**: mais de 30 anos de pesquisa em campo nativo. Uruguaiana: Viapampa, 2019. p. 58-61.

MATEI, A. P.; FILIPPI, E. E. O bioma pampa e o desenvolvimento socioeconômico em Santa Vitória do Palmar. **Ensaio EFE**, Porto Alegre, v. 34, p. 739-764, 2013. Número especial. Disponível em: <https://revistas.planejamento.rs.gov.br/index.php/ensaios/article/view/3019/3208>. Acesso em: 28 fev. 2024.

MAURICE, J.; LACLAU, J.-P.; RE, D. S.; GONÇALVES, J. L. M.; NOUVELLON, Y.; BOUILLET, J.-P.; STAPE, J. L.; RANGER, J.; BEHLING, M.; CHOPART, J.-L. Fine root isotropy in *Eucalyptus grandis* plantations. Towards the prediction of root length densities from root counts on trench walls. **Plant and Soil**, v. 334, p. 261–275, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11104-010-0380-8>. Acesso em: 12 nov. 2022.

MELLO, O.; LEMOS, R. C.; ABRÃO, P. V. R.; AZOLIN, M. A.; SANTOS, M. C. L.; CARVALHO, A. P. Levantamento em série dos solos do Centro Agrônomo. **Revista da Faculdade de Agronomia e Veterinária da UFRGS**, Porto Alegre, v.8, n.1, p. 155, 1966.

METER. **Pario**: user manual: v2017/06. [Germany]: Meter Group AG, 2017. Disponível em: <https://geomor.com.pl/wp-content/uploads/2017/09/PARIO-Manual.pdf>. Acesso em: 28 fev. 2024.

MORAES, M. T. **Modelagem do crescimento radicular de milho e soja sujeito a estresses hídrico e mecânico em Latossolo**. 2017. 122 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

MORTE, A.; VARMA, A. (ed.). **Root engineering: basic and applied concepts**. Berlin: Springer, 2014. (Soil Biology, 40).

NABINGER, C.; DALL`AGNOL, M. **Guia para reconhecimento de espécies dos campos**. Brasília, DF: Ibama, 2019.132 p.

NELSON, L.; BLUMENTHAL, D.; WILLIAMS, D.; PENDALL, E. Digging into the roots of belowground carbon cycling following seven years of Prairie Heating and CO₂ Enrichment (PHACE), Wyoming USA. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 115, [art.] 169e177, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.soilbio.2017.08.022>. Acesso em: 17 jun. 2023.

OLIVEIRA, T. E.; FREITAS, D. S.; GIANEZINI, M.; RUVIARO, C. F.; ZAGO, D.; MÉRCIO, T. Z.; DIAS, E. A.; LAMPERT, V. N.; BARCELLOS, J. O. J. Agricultural land use change in the brazilian Pampa Biome: the reduction of natural grasslands. **Land Use Policy**, Guildford, v. 63, p. 394–400, 2017.

OTTO, R.; TRIVELIN, P. C. O.; FRANCO, H. C. J.; FARONI, C. E.; VITTI, A. C. Root system distribution of sugar cane as related to nitrogen fertilization, evaluated by two methods: monolith and probes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 33, n. 3, p. 601-611, mar./jun. 2009.

PAGÈS, L.; PELLERIN, S. Study of differences between vertical root maps observed in a maize crop and simulated maps obtained using a model for the three-dimensional architecture of the root system. **Plant and Soil**, The Hague, v. 182, p. 329-337, 1996.

PATHAK, G.; JOSHI, H.; SINGH, R. D.; TEWARI, A.; PANDEY, R.; SINGH, S. P. Vertical root distribution in Himalayan trees: about half of roots occur below 30 cm, the generally sampled depth. **Tropical Ecology**, Varanasi, v. 62, p. 479–491, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s42965-021-00159-0>. Acesso em: 2 fev. 2023

PERKONS, U.; KAUTZ, T.; UTEAU, D.; STEPHAN PETH, S.; GEIER, V.; THOMAS, K.; HOLZ, K. L.; ATHMANN, M.; PUDE, R.; ULRICH KÖPKE, U. Root-length densities of various annual crops following crops with contrasting root systems. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 137, p. 50–57, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2013.11.005>. Acesso em: 15 set. 2023.

PILLAR, V. P.; MÜLLER, S. C.; CASTILHOS, Z. M. S.; JACQUES, A. V. A. (ed.). **Campos Sulinos, conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Brasília, DF: MMA, 2009. 403 p.

PILLAR, V. P.; LANGE, O. **Os campos do sul**. Porto Alegre: Rede Campus Sulinos-UFRGS, 2015. 192 p.

PINTO, C. E.; WALLAU, M.; BOLDIRNI, I. Estrutura da vegetação e composição florística. In: CARVALHO, F. P. *et al.* (ed.). **NATIVAO**: 30 anos de pesquisa em campo nativo. Porto Alegre: Faculdade de Agronomia Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia, 2017. p. 15-34.

PUGET, P.; DRINKWATER, L. E. Short-term dynamics of root- and shoot-derived carbon from a leguminous green manure. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 65, p. 771–779, 2001.

RAO, I. M. Root distribution and production in native and introduced pastures in the South American savannas. In: BOX, J. E. (ed.). **Root demographics and their efficiencies in sustainable agriculture, grasslands and forest ecosystems**. Dordrecht: Springer, 1998. p. 19-41.

RASSE, D. P.; RUMPEL, C.; DIGNACIS, M.-F. Soil carbon mostly root carbon? Mechanisms for a specific stabilisation. **Plant and Soil**, The Hague, v. 269, p. 341–356, 2005.

RATHOD, G. R.; PANDEY, R.; CHINNUSAMY, V.; PAUL, V.; JAIN, N.; SINGH, M. P.; MANDAL, P. K. Deeper root system architecture confers better stability to photosynthesis and yield compared to shallow system under terminal drought stress in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Plant Physiology Reports**, New Delhi, v. 27, p. 250-259, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40502-022-00652-1>. Acesso em: 22 nov. 2023.

REDE CAMPOS SULINOS. **A agonia do Pampa**: um panorama atual sobre a supressão da vegetação nativa campestre. Porto Alegre: Rede Campos Sulinos/ UFRGS, 2020.

RIBEIRO, S.; MOREIRA, L.; OVERBECK, G.; MALTCHIK, L. Protected areas of the Pampa biome presented land use incompatible with conservation purposes. **Journal of Land Use Science**, London, v. 16, n. 3, p. 260–272, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/1747423X.2021.1934134>. Acesso em: 16 jan. 2023.

RODRIGUES, C. A. G.; GOMES, K. E.; CAMPONOGARA, T.; AROSEMENDA, D. R. **Avaliação do sistema radicular e de rizomas de um campo natural diferido em Bagé, RS**. Campinas: Embrapa, 2010. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 10).

ROSA, F. W.; BREMM, C.; MACHADO, D. R. Efeito da oferta de forragem e estrutura do pasto. *In*: CARVALHO, P. F. *et al.* (ed.). **Boletim Nativão: 30 anos de pesquisa em campo nativo**. Porto Alegre: UFRGS. Faculdade de Agronomia. Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia, 2017. p. 23.

SAHA, R.; GINWAL, H. S.; CHANDRA, G.; BARTHWAL, S. Root distribution, orientation and root length density modelling in Eucalyptus and evaluation of associated water use efficiency. **New Forests**, Dordrecht, v. 51, p. 1023–1037, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11056-020-09772-8>. Acesso em: 23 set. 2022.

SALTON, J. C. N.; MELLO, M. N.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; CARVALHO, P. C. F. Atributos físicos de um Argissolo sob pastagem natural. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 8, n. 2, p. 107-118, 2008.

SMIT, A. L.; BENGOUGH, A. G.; ENGELS, C.; VAN NOORDWIJK, M.; PELLERIN, S.; VAN DE GEIJN, S. C. (ed.). **Root methods: a handbook**. Berlin: Springer, 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-3-662-04188-8>. Acesso em: 16 maio 2022.

THIVIERGE, M.-N.; ROYER, I.; HALDE, C.; CHANTIGNY, M. H.; BELANGER, G.; LACHANCE, C.; LAVERGNE, S. Root recovery and elemental composition in a perennial grass as affected by soaking conditions. **Agronomy Journal**, Madison, v. 113, n. 5, p. 3952-3967, Sept./Oct. 2021.

TROIAN, L. C.; FAVRETO, R.; CASTILHOS, Z.; PILLAR, V. D. P. Associação entre a ocorrência de *Eryngium horridum* e condições de solo em vegetação de campo natural. *In*: SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 11., 1999, Porto Alegre. **Livro de resumos**. Porto Alegre: UFRGS, 1999.

VEPRASKAS, M. J.; HOYT, G. D. Comparison of the trench-profile and core methods for evaluating root distributions in tillage studies. **Agronomy Journal**, Madison, v. 80, p. 166-172, 1988.

VOLK, L. B.; TRINIDADE, J. P.; BORBA, M. F.; TRENTIN, G. **Protocolo de amostragem para determinação de atributos de raízes de plantas de campo nativo**. Bagé: Embrapa, 2011. (Comunicado Técnico, 82).

VOLK, L. B.; TRINIDADE, J. P.; TRENTIN, G. **Confecção e protocolo de coleta de monólitos ativos**. Bagé: Embrapa, 2012. (Comunicado Técnico, 83).

WASEL, Y.; ESHEL, A.; KAFKAFI, U. **Plant roots: the hidden half**. New York: Marcel Dekker, 2002.

WARREN, J. M.; HANSON, P. J.; IVERSEN, C. M.; KUMAR, J.; WALKER, A. P.; WULLSCHLEGER, S. D. Root structural and functional dynamics in terrestrial biosphere models - evaluation and recommendations. **New Phytologist**, Oxford, v. 205, p. 59–78, 2015.

WEAVER, J. E. **A study of the root-systems of prairie plants of southeastern Washington**. Lincoln: University of Nebraska, Agronomy and Horticulture Department, 1915. Papers of John E. Weaver (1884-1956). Disponível em: <https://digitalcommons.unl.edu/agronweaver/5>. Acesso em: 16 jul. 2021.

WEAVER, J. E.; BRUNER, W. E. **Root development of vegetable crops**. New York: McGraw-Hill, 1927.

XU, Z.; REN, H.; LI, M-H.; BRUNNER, I.; YIN, J.; LIU, H.; KONG, D.; LÜ, X-T.; SUN, T.; CAI, J.; WANG, R.; ZHANG, Y.; HE, P.; HAN, X.; WAN, S.; JIANG, Y. Experimentally increased water and nitrogen affect root production and vertical allocation of an old-field grassland. **Plant and Soil**, The Hague, v. 412, p. 369–380, 2017.

YADAV, B. K.; AKHTAR, M.; PANWAR, J. Rhizospheric plant-microbe interactions: key factors to soil fertility and plant nutrition. *In*: ARORA, N. K. (ed.). **Plant microbes symbiosis: applied facets**. New Delhi: Springer India, 2015. p. 127-145.

YERENA-YAMALLEL, J. I.; JIMENEZ-PEREZ, J.; ALANIS-RODRIGUEZ, E.; AGUIRRE-CALDERON, O. A. Concentración de carbono en vástagos y raíces de diferentes especies de pastos en Nuevo León, México. **Revista Fitotecnia Mexicana**, Chapingo, v. 43, n. 2, p. 189-195, 2020.

ZHANG, D.-J.; YANG, Y.-J.; LIU, C.-Y.; ZHANG, F.; WU, Q.-S. Root hair growth and development in response to nutrients and phytohormones. *In*: GIRI, B.; PRASAD, R.; VARMA, A. (ed.). **Root biology**. Cham: Springer, 2018. (Soil Biology, 52). p. 65-84. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-319-75910-4_3. Acesso em: 13 out. 2021.

ZHENG, S. J.; YANG, J. L.; HE, Y. F.; YU, X. H.; ZHANG, L.; YOU, J. F.; SHEN, R. F.; MATS, U. H. Immobilization of aluminum with phosphorus in roots is associated with high aluminum resistance in Buckwheat. **Plant Physiology**, Rockville, v. 138, n. 1, p. 297-303, 2005. Disponível em: <http://doi:10.1104/pp.105.059667>. Acesso em: 14 nov. 2021.

Apêndice 1. Atributos químicos dos sítios de avaliação

			pH	P	K	Al	Ca	Mg	Al+H	CTC	%SAT Bas	%SAT.Al	S	Zn	Cu	B	Mn
Local	Bloco	Prof.	mg/dm3	mg/dm3	mg/dm3	cmol / dm3	%	%	mg/dm3	mg/dm3	mg/dm3	mg/dm3	mg/dm3				
1	1	10	4.95	4	166	0.7	1.5	1	7.2	10.16	27.5	23.55	11.8	2.3	1	0.6	26
		20	4.70	1.3	25	0.9	0.3	0.2	3.9	4.47	13	61.1	2.1	0.2	0.3	0.1	5
		30	4.60	1.3	19	1.2	0.3	0.2	5.5	6.05	9	68.5	4.6	0.1	0.3	0.1	2
		40	4.50	1	18	1.2	0.2	0.2	5.5	5.94	8	72.7	4.1	0.1	0.3	0.3	2
		50	4.50	3.1	19	1.9	0.4	0.2	9.7	10.3	6	74.5	7.6	0.5	0.3	0.3	1
	2	10	4.85	3.2	132	0.6	1.4	0.9	8.3	10.96	23.5	19.2	5.9	1.7	0.4	0.6	22
		20	4.80	1.6	42	0.6	0.4	0.3	3.9	4.72	17	42.2	5.6	0.3	0.2	0.3	7
		30	4.60	1.6	30	1.1	0.3	0.2	5.5	6.08	9	65.3	4.9	0.1	0.2	0.3	4
		40	4.70	1	24	1.3	0.3	0.2	4.4	4.96	11	69.6	3.8	0.2	0.3	0.4	3
		50	4.60	0.5	27	2	0.4	0.2	9.7	10.3	6	74.8	4.7	0.2	0.3	0.4	2
2	1	10	4.60	3.9	135	1.1	2.2	1.1	9.3	12.99	27	25.25	13.9	3.7	1.4	0.7	30
		20	4.40	1.2	35	1.1	0.6	0.3	4.9	5.9	17	52.3	5	0.8	0.7	0.3	7
		30	4.60	1.7	24	1.4	0.5	0.3	6.2	7.07	12	61.7	4.3	0.4	0.4	0.3	5
		40	4.60	0.9	21	1.5	0.6	0.3	8.7	9.65	10	61.1	3.8	0.9	0.8	0.4	1
		50	4.70	0.8	14	1.6	0.5	0.3	8.7	9.53	9	65.6	3.9	0.5	0.5	0.4	1
	2	10	4.65	3.4	134	1.3	2.2	1.2	11.1	14.9	25.5	26	14.3	2.7	1.4	0.4	37
		20	4.60	1.7	36	1.1	0.6	0.4	5.5	6.6	17	49.9	5	0.5	0.6	0.2	6
		30	4.60	1.2	20	1.5	0.5	0.3	6.9	7.75	11	63.7	5.6	0.2	0.6	0.2	3
		40	4.60	0.9	17	1.9	0.6	0.3	6.9	7.84	12	66.7	4.9	0.2	0.5	0.4	3
		50	4.60	0.5	18	2.4	0.6	0.4	9.7	10.7	10	69.6	6	0.3	0.5	0.4	1

Continuação

			pH	P	K	Al	Ca	Mg	Al+H	CTC	%SAT Bas	%SAT.Al	S	Zn	Cu	B	Mn
Local	Bloco	Prof.	H2O	mg/dm3	mg/dm3	-----cmol / dm3-----				-----%-----		-----mg/dm3-----					
3	1	10	5.40	5	392	-0.1	3.4	1.8	5.9	12.11	50	0	12.6	3	1.3	0.6	9
		20	5.30	1.2	193	0.8	0.7	0.5	4.9	6.59	26	32	5.4	0.2	0.6	0.4	3
		30	5.10	0.9	142	1.4	0.5	0.4	5.5	6.76	19	52.5	5.4	0.2	0.7	0.4	3
		40	5.00	1.7	67	2.1	0.4	0.3	8.7	9.57	9	70.6	5	0.1	0.6	0.3	1
		50	4.90	0.3	20	2.7	0.5	0.3	9.7	10.5	8	76	5.3	0.1	0.6	0.3	1
	2	10	4.95	2.5	177	1.2	1.9	1.4	9.3	13.08	28.5	24.3	11.5	1.9	0.9	0.7	17
		20	4.90	1.4	93	1.3	0.6	0.5	6.2	7.54	18	49.1	5.8	0.2	0.6	0.3	5
		30	4.80	0.7	81	1.6	0.4	0.3	6.9	7.81	12	63.7	5.2	0.2	0.6	0.3	3
		40	4.80	1.1	68	1.9	0.4	0.2	7.7	8.47	9	71	5.1	0.7	0.7	0.6	1
		50	4.80	0.8	40	2.4	0.4	0.3	5.5	6.3	13	74.9	5.1	0.4	0.5	0.5	2
4	1	10	4.75	4.3	232	0.7	3	1.6	8.3	13.55	38	12.15	17.1	2.9	2	0.7	37
		20	4.50	2.4	105	1.2	0.6	0.4	5.5	6.8	19	47.8	8.3	0.4	0.9	0.2	22
		30	4.30	1.4	99	1.5	0.6	0.3	6.9	8.08	14	56	8.7	0.3	0.9	0.1	15
		40	4.20	1.6	44	1.4	0.9	0.5	6.9	8.43	18	47.8	6.2	0.3	0.8	0.2	10
		50	4.50	0.9	81	2	0.8	0.4	8.7	10.1	14	58.4	8.3	0.3	0.8	0.2	8
	2	10	4.75	4.9	254	1	3.9	1.8	8.8	15.29	40	16.2	19.1	4.6	2.1	0.6	80
		20	4.50	1.9	74	0.9	1.1	0.6	4.9	6.82	28	31.8	6.6	0.4	1.1	0.2	21
		30	4.50	2	61	1.4	0.9	0.5	4.9	6.48	24	46.9	6.4	0.4	1.1	0.3	17
		40	4.40	1.1	85	2.1	0.6	0.3	6.9	8.03	14	64.9	9.7	0.3	1	0.2	11
		50	4.40	0.8	39	1.7	0.8	0.4	6.9	8.21	16	56.4	7.7	0.3	0.8	0.1	8

Apêndice 2. Atributos físicos dos sítios de avaliação

Local	Camada cm	DSS g/cm ³	ARG SILTE AREIA			Fração Volumétrica (cm ³ / cm ³)						
			-----%	-----%	-----%	Θv sat	Θv 10cm	Θv 30cm	Θv 60cm	Θv 100cm	Θv 330cm	Θv 1000cm
1	10	1.66	17	20	63	0.412	0.351	0.306	0.294	0.231	0.214	0.208
	20	1.73	19	13	69	0.400	0.316	0.247	0.231	0.191	0.169	0.161
	30	1.70	23	9	68	0.352	0.251	0.228	0.233	0.183	0.166	0.161
	40	1.64	21	17	62	0.359	0.244	0.223	0.228	0.182	0.160	0.148
	50	1.70	33	14	54	0.367	0.264	0.245	0.248	0.208	0.189	0.171
2	10	1.56	23	11	67	0.447	0.396	0.365	0.363	0.313	0.303	0.299
	20	1.61	24	18	59	0.369	0.329	0.286	0.275	0.232	0.211	0.205
	30	1.49	28	13	59	0.370	0.290	0.285	0.290	0.242	0.218	0.205
	40	1.33	28	15	57	0.337	0.237	0.225	0.228	0.180	0.156	0.143
	50	1.67	31	15	54	0.381	0.263	0.250	0.252	0.209	0.188	0.174
3	10	1.49	20	13	68	0.397	0.354	0.323	0.324	0.285	0.275	0.269
	20	1.59	23	13	64	0.344	0.338	0.313	0.310	0.259	0.248	0.246
	30	1.63	28	10	62	0.385	0.327	0.319	0.327	0.255	0.233	0.231
	40	1.91	28	16	56	0.393	0.298	0.293	0.301	0.249	0.236	0.232
	50	1.63	36	19	46	0.379	0.319	0.320	0.324	0.279	0.256	0.238
4	10	1.66	22	16	62	0.443	0.395	0.372	0.371	0.331	0.323	0.320
	20	1.80	25	17	59	0.394	0.353	0.312	0.301	0.256	0.244	0.245
	30	1.75	27	14	59	0.419	0.337	0.321	0.328	0.256	0.242	0.235
	40	1.60	29	16	55	0.389	0.307	0.306	0.311	0.264	0.248	0.245
	50	1.66	33	16	51	0.399	0.290	0.289	0.296	0.259	0.235	0.222

Apêndice 3. Tabelas de dados de atributos de raiz extraídos do software WinRizho v2015. 1ª Parte

PARCELA	LOCAL	CAMADA	POSICAO	PORTE	BLOCO	MRS	CUMP	SURFAR	DIAMM	RLD	RVOL	CLAS1	CLASS2	CLASS3	CLAS10
7A	1	10	1	1	1	3.1226	5504.509	628.7058	0.3636	550450.9	5.714	4671.3	806.1	16.0	9.0
7A	1	10	2	1	1	2.9437	5160.696	587.479	0.3624	516069.6	5.322	4347.9	791.4	14.6	4.2
7A	1	10	3	1	1	3.8293	4756.182	573.017	0.3835	475618.2	5.494	3982.0	734.8	22.1	15.3
7A	1	10	4	1	1	2.9568	4799.499	581.4723	0.3856	479949.9	5.606	3954.5	812.8	21.5	8.9
7A	1	10	5	1	1	3.045	3971.275	538.0981	0.4313	397127.5	5.802	3139.8	800.6	14.9	15.0
7A	1	20	1	1	1	0.993	2803.444	315.9192	0.3587	280344.4	2.833	2329.7	470.1	2.4	0.0
7A	1	20	2	1	1	0.8996	2571.941	304.7901	0.3772	257194.1	2.874	2101.7	464.7	4.2	0.1
7A	1	20	3	1	1	1.025	3517.316	370.3943	0.3352	351731.6	3.104	2994.2	520.5	1.6	0.0
7A	1	20	4	1	1	1.2292	3255.721	367.523	0.3593	325572.1	3.302	2656.5	595.8	2.0	0.0
7A	1	20	5	1	1	0.8694	2788.949	296.4965	0.3384	278894.9	2.508	2362.7	422.4	2.5	0.0
7A	1	30	1	1	1	0.6696	1660.614	196.2419	0.3762	166061.4	1.845	1322.2	337.7	0.4	0.0
7A	1	30	2	1	1	0.721	2241.452	244.7766	0.3476	224145.2	2.127	1882.4	357.5	0.6	0.0
7A	1	30	3	1	1	0.8153	2010.354	263.3019	0.4169	201035.4	2.744	1548.7	453.0	7.1	0.8
7A	1	30	4	1	1	0.6778	1839.768	215.6058	0.373	183976.8	2.011	1479.9	357.1	1.5	0.3
7A	1	30	5	1	1	0.5581	1926.118	196.5756	0.3249	192611.8	1.596	1635.4	289.4	0.7	0.0
7A	1	40	1	1	1	0.4541	1238.703	149.7614	0.3848	123870.3	1.441	989.8	247.6	0.8	0.0
7A	1	40	2	1	1	0.4306	1379.332	147.2488	0.3398	137933.2	1.251	1181.6	194.8	2.4	0.1
7A	1	40	3	1	1	0.6217	1724.385	204.4995	0.3775	172438.5	1.93	1371.9	350.0	1.7	0.0
7A	1	40	4	1	1	0.4592	1123.401	145.5486	0.4124	112340.1	1.501	841.9	276.7	4.1	0.0
7A	1	40	5	1	1	0.4327	1687.892	178.7691	0.3371	168789.2	1.507	1433.7	252.8	0.8	0.0
7A	1	50	1	1	1	0.2538	466.9313	65.251	0.4448	46693.13	0.726	336.5	130.3	0.1	0.0
7A	1	50	2	1	1	0.3495	947.9205	102.5772	0.3445	94792.05	0.883	811.4	135.8	0.6	0.0
7A	1	50	3	1	1	0.3713	1257.612	130.3877	0.33	125761.2	1.076	1058.7	198.3	0.0	0.0
7A	1	50	4	1	1	0.2424	868.1972	86.4743	0.317	86819.72	0.685	764.9	102.8	0.4	0.0
7A	1	50	5	1	1	0.2982	1095.895	113.7677	0.3304	109589.5	0.94	945.3	149.8	0.1	0.0
PARCELA	LOCAL	CAMADA	POSICAO	PORTE	BLOCO	MRS	CUMP	SURFAR	DIAMM	RLD	RVOL	CLAS1	CLASS2	CLASS3	CLAS4

7A	1	10	1	2	2	3.8574	4721.339	677.8352	0.457	472133.9	7.744	3684.3	976.5	44.5	13.7
7A	1	10	2	2	2	3.1582	5254.673	619.2613	0.3751	525467.3	5.808	4402.8	810.3	26.6	12.6
7A	1	10	3	2	2	3.6974	4744.823	607.5663	0.4076	474482.3	6.191	3886.7	808.3	29.4	18.0
7A	1	10	4	2	2	3.3513	3858.759	484.7669	0.3999	385875.9	4.846	3163.0	660.3	23.1	11.2
7A	1	10	5	2	2	3.0274	2568.54	434.0423	0.5379	256854	5.837	1799.2	722.0	36.4	10.1
7A	1	20	1	2	2	0.8164	2735.894	272.352	0.3169	273589.4	2.158	2325.7	408.6	0.6	0.0
7A	1	20	2	2	2	0.7807	3568.079	292.6488	0.2611	356807.9	1.91	3204.8	361.2	0.2	0.0
7A	1	20	3	2	2	1.05	4250.15	389.3227	0.2916	425015	2.838	3758.7	485.9	3.2	0.4
7A	1	20	4	2	2	0.9044	2721.017	311.5993	0.3645	272101.7	2.84	2213.6	499.1	7.0	0.0
7A	1	20	5	2	2	0.7222	1978.632	225.1651	0.3622	197863.2	2.039	1589.0	388.2	0.9	0.0
7A	1	30	1	2	2	0.5036	1742.373	175.7253	0.321	174237.3	1.41	1478.5	262.3	1.0	0.0
7A	1	30	2	2	2	0.613	2077.345	207.2849	0.3176	207734.5	1.646	1774.7	300.6	1.3	0.0
7A	1	30	3	2	2	0.5667	2469.43	212.5926	0.274	246943	1.456	2201.6	266.7	0.0	0.0
7A	1	30	4	2	2	0.6735	2316.728	241.4144	0.3317	231672.8	2.002	1955.9	359.7	0.4	0.0
7A	1	30	5	2	2	0.6146	1936.836	202.9425	0.3335	193683.6	1.692	1606.4	328.7	1.0	0.0
7A	1	40	1	2	2	0.3946	1435.303	148.0628	0.3284	143530.3	1.215	1211.7	222.3	0.6	0.0
7A	1	40	2	2	2	0.4647	1391.789	151.7911	0.3472	139178.9	1.317	1133.5	257.2	0.6	0.0
7A	1	40	3	2	2	0.3893	1453.277	139.9148	0.3065	145327.7	1.072	1279.1	173.0	0.5	0.0
7A	1	40	4	2	2	0.3531	1301.454	128.4533	0.3142	130145.4	1.009	1129.3	171.4	0.0	0.0
7A	1	40	5	2	2	0.6062	2069.689	220.8634	0.3397	206968.9	1.876	1742.0	326.6	0.3	0.0
7A	1	50	1	2	2	0.1553	482.6923	46.0893	0.3039	48269.23	0.35	423.0	59.6	0.0	0.0
7A	1	50	2	2	2	0.2314	820.2542	81.7415	0.3172	82025.42	0.648	712.7	106.8	0.2	0.0
7A	1	50	3	2	2	0.2071	504.3456	56.6875	0.3578	50434.56	0.507	403.7	100.4	0.0	0.0
7A	1	50	4	2	2	0.2034	541.8707	60.3178	0.3543	54187.07	0.534	440.2	101.3	0.2	0.0
7A	1	50	5	2	2	0.4073	1307.363	140.0866	0.3411	130736.3	1.195	1089.4	217.2	0.1	0.0

PARCELA	LOCAL	CAMADA	POSICAO	PORTE	BLOCO	MRS	CUMP	SURFAR	DIAMM	RLD	RVOL	CLAS1	CLASS2	CLASS3	CLAS4
7A	2	10	1	2	1	1.4308	4029.319	421.6133	0.3331	402931.9	3.511	3532.1	475.7	15.7	4.4
7A	2	10	2	2	1	2.5411	4404.705	539.281	0.3897	440470.5	5.254	3576.3	797.8	19.6	9.3
7A	2	10	3	2	1	3.5641	3453.004	489.833	0.4515	345300.4	5.53	2684.7	724.9	24.1	17.6
7A	2	10	4	2	1	3.6092	3637.553	526.3257	0.4606	363755.3	6.06	2826.4	765.8	30.1	14.1
7A	2	10	5	2	1	2.7299	4346.999	509.9004	0.3734	434699.9	4.76	3655.5	652.2	23.6	13.5
7A	2	20	1	2	1	0.4186	2664.516	192.3198	0.2298	266451.6	1.105	2523.9	139.3	0.5	0.0
7A	2	20	2	2	1	0.6923	2727.081	241.7066	0.2821	272708.1	1.705	2438.3	285.9	1.3	0.0
7A	2	20	3	2	1	0.8826	3198.811	313.6823	0.3121	319881.1	2.448	2774.0	417.9	4.7	0.3
7A	2	20	4	2	1	0.9489	2890.396	312.9501	0.3446	289039.6	2.696	2391.9	494.2	2.5	0.0
7A	2	20	5	2	1	0.7186	3650.31	317.5853	0.2769	365031	2.199	3294.9	353.5	0.2	0.0
7A	2	30	1	2	1	0.2916	1367.977	111.7295	0.26	136797.7	0.726	1254.8	112.4	0.2	0.0
7A	2	30	2	2	1	0.4087	1617.668	144.2981	0.2839	161766.8	1.024	1447.5	167.8	1.6	0.0
7A	2	30	3	2	1	0.8435	2989.841	273.8848	0.2916	298984.1	1.997	2663.7	320.4	3.1	0.4
7A	2	30	4	2	1	0.6998	3066.536	275.4148	0.2859	306653.6	1.968	2743.6	320.5	0.6	0.0
7A	2	30	5	2	1	0.3875	2021.352	165.2525	0.2602	202135.2	1.075	1848.7	171.2	0.6	0.0
7A	2	40	1	2	1	0.212	725.4073	66.2736	0.2908	72540.73	0.482	642.1	80.7	2.0	0.4
7A	2	40	2	2	1	0.3138	1621.17	138.2139	0.2714	162117	0.938	1473.2	146.6	0.1	0.0
7A	2	40	3	2	1	0.3967	1882.509	165.6424	0.2801	188250.9	1.16	1698.7	182.4	0.3	0.0
7A	2	40	4	2	1	0.5042	2193.549	207.5537	0.3012	219354.9	1.563	1914.4	276.8	0.8	0.0
7A	2	40	5	2	1	0.3378	1536.837	130.7798	0.2709	153683.6	0.886	1390.6	145.2	0.1	0.0
7A	2	50	1	2	1	0.2542	852.3738	85.9222	0.3209	85237.38	0.689	726.4	123.8	0.8	1.0
7A	2	50	2	2	1	0.2581	1251.922	105.0505	0.2671	125192.2	0.701	1156.2	95.0	0.2	0.0
7A	2	50	3	2	1	0.2957	1160.245	92.7707	0.2545	116024.5	0.59	1072.6	86.9	0.0	0.0
7A	2	50	4	2	1	0.3185	1263.55	116.0368	0.2923	126355	0.848	1132.5	130.1	0.4	0.0
7A	2	50	5	2	1	0.3452	1207.928	116.1872	0.3062	120792.8	0.889	1070.0	136.8	0.7	0.0

PARCELA	LOCAL	CAMADA	POSICAO	PORTE	BLOCO	MRS	CUMP	SURFAR	DIAMM	RLD	RVOL	CLAS1	CLASS2	CLASS3	CLAS4
7A	2	10	1	1	2	2.329	3226.743	367.9463	0.363	322674.3	3.339	2716.6	484.3	16.8	8.0
7A	2	10	2	1	2	2.1643	3094.657	417.2252	0.4291	309465.7	4.476	2467.9	600.1	17.7	8.0
7A	2	10	3	1	2	5.5879	2913.622	609.2372	0.6656	291362.2	10.137	1905.3	931.9	49.3	25.6
7A	2	10	4	1	2	3.2475	2894.445	490.0181	0.5389	289444.5	6.602	2125.4	714.3	36.6	17.2
7A	2	10	5	1	2	1.036	2141.885	214.2749	0.3184	214188.5	1.706	1880.2	245.3	10.6	5.2
7A	2	20	1	1	2	0.674	1956.296	203.9812	0.3319	195629.6	1.693	1649.8	303.1	2.4	0.0
7A	2	20	2	1	2	0.6384	1888.2	203.6893	0.3434	188820	1.749	1578.7	307.7	1.0	0.0
7A	2	20	3	1	2	1.2387	2300.056	283.3614	0.3922	230005.6	2.778	1834.3	459.4	4.1	1.0
7A	2	20	4	1	2	0.7294	2081.028	225.341	0.3447	208102.8	1.942	1711.1	369.1	0.3	0.0
7A	2	20	5	1	2	0.5338	2284.308	219.299	0.3056	228430.8	1.675	2013.9	268.8	0.3	0.0
7A	2	30	1	1	2	0.4977	2003.451	183.0101	0.2908	200345.1	1.33	1822.5	179.5	0.7	0.0
7A	2	30	2	1	2	0.6952	2521.086	257.5373	0.3252	252108.5	2.094	2160.9	356.3	2.2	0.2
7A	2	30	3	1	2	0.561	2000.376	209.0574	0.3327	200037.6	1.739	1711.6	286.7	0.9	0.0
7A	2	30	4	1	2	0.598	2033.876	229.3448	0.3589	203387.5	2.058	1687.0	344.1	2.0	0.1
7A	2	30	5	1	2	0.3959	1574.61	151.5604	0.3064	157461	1.161	1407.8	166.1	0.3	0.0
7A	2	40	1	1	2	0.4291	1485.386	138.2585	0.2963	148538.6	1.024	1350.9	133.4	0.7	0.0
7A	2	40	2	1	2	0.4621	1717.512	179.6583	0.333	171751.2	1.495	1453.2	262.0	0.8	0.0
7A	2	40	3	1	2	0.4237	1409.472	148.9827	0.3365	140947.2	1.253	1214.9	193.9	0.3	0.0
7A	2	40	4	1	2	0.3945	1188.366	126.7005	0.3394	118836.6	1.075	1016.3	171.8	0.1	0.0
7A	2	40	5	1	2	0.3185	1156.199	109.1332	0.3005	115619.9	0.82	1029.4	126.0	0.0	0.0
7A	2	50	1	1	2	0.2535	731.3402	70.7139	0.3078	73134.03	0.544	646.8	84.0	0.3	0.0
7A	2	50	2	1	2	0.2534	804.8408	81.9766	0.3242	80484.08	0.664	697.7	107.1	0.0	0.0
7A	2	50	3	1	2	0.4714	1923.226	193.4038	0.3201	192322.6	1.548	1662.0	258.1	2.0	0.0
7A	2	50	4	1	2	0.2627	809.469	91.6476	0.3604	80946.9	0.826	672.6	136.3	0.1	0.0
7A	2	50	5	1	2	0.3197	1134.075	112.4546	0.3156	113407.5	0.887	985.6	148.0	0.2	0.0

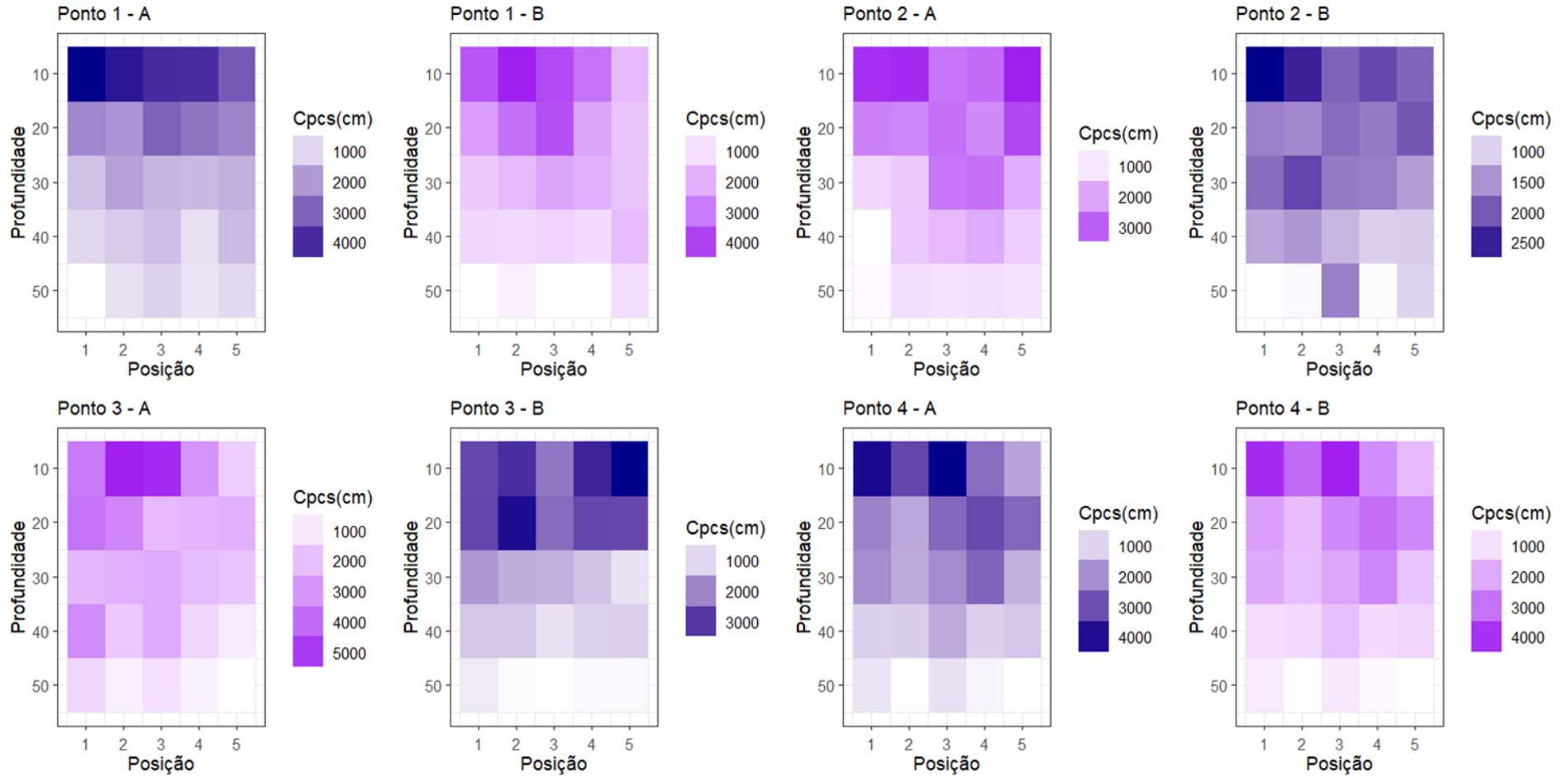
PARCELA	LOCAL	CAMADA	POSICAO	PORTE	BLOCO	MRS	CUMP	SURFAR	DIAMM	RLD	RVOL	CLAS1	CLASS2	CLASS3	CLAS4
3A	3	10	1	2	1	1.1845	4020.4	320.6534	0.2539	402040	2.035	3658.5	357.7	2.8	0.0
3A	3	10	2	2	1	1.894	5910.273	478.4136	0.2577	591027.3	3.082	5353.2	532.5	18.6	1.7
3A	3	10	3	2	1	2.4595	6057.065	541.9113	0.2848	605706.5	3.858	5213.2	829.8	8.4	1.2
3A	3	10	4	2	1	1.6788	3776.604	409.0212	0.3447	377660.4	3.525	3053.4	711.5	9.5	0.2
3A	3	10	5	2	1	1.3705	2072.121	254.3835	0.3908	207212.1	2.485	1670.2	384.7	13.2	3.6
3A	3	20	1	2	1	0.8221	3998.945	260.3189	0.2072	399894.5	1.349	3822.2	171.5	2.7	1.2
3A	3	20	2	2	1	1.1984	3702.97	282.1515	0.2425	370297	1.711	3410.5	278.1	11.6	0.8
3A	3	20	3	2	1	1.1278	2501.942	239.4421	0.3046	250194.2	1.824	2163.7	314.9	16.2	6.1
3A	3	20	4	2	1	0.8141	2578.908	220.2598	0.2719	257890.8	1.497	2283.7	287.5	6.7	0.1
3A	3	20	5	2	1	3.4234	2624.478	233.4065	0.2831	262447.8	1.652	2388.2	224.5	4.8	5.9
3A	3	30	1	2	1	0.4251	2269.072	140.7312	0.1974	226907.2	0.695	2178.6	89.5	0.0	0.0
3A	3	30	2	2	1	0.7566	2566.459	180.9183	0.2244	256645.9	1.015	2385.0	179.8	0.3	0.0
3A	3	30	3	2	1	0.6834	2777.149	220.3049	0.2525	277714.9	1.391	2512.2	263.2	0.6	0.1
3A	3	30	4	2	1	0.6541	2293.652	184.7258	0.2564	229365.2	1.184	2070.2	214.2	7.9	0.1
3A	3	30	5	2	1	0.6805	2112.214	166.0217	0.2502	211221.4	1.038	1922.5	187.6	1.0	0.0
3A	3	40	1	2	1	0.444	3337.978	195.8855	0.1868	333797.8	0.915	3218.4	118.1	0.3	0.0
3A	3	40	2	2	1	0.5152	1955.179	152.6759	0.2486	195517.9	0.949	1777.8	176.7	0.2	0.0
3A	3	40	3	2	1	0.5905	2755.378	208.4881	0.2409	275537.8	1.255	2531.1	220.9	2.1	0.1
3A	3	40	4	2	1	0.3744	1629.632	121.972	0.2382	162963.2	0.726	1469.8	158.4	0.9	0.0
3A	3	40	5	2	1	0.4263	1109.962	96.7872	0.2776	110996.2	0.672	984.5	123.9	1.0	0.3
3A	3	50	1	2	1	0.2248	1485.851	84.5918	0.1812	148585.1	0.383	1437.1	48.2	0.0	0.0
3A	3	50	2	2	1	0.3089	939.1938	80.5899	0.2731	93919.38	0.55	830.6	107.3	0.9	0.1
3A	3	50	3	2	1	0.4148	1359.521	112.8753	0.2643	135952.1	0.746	1225.6	129.6	3.8	0.0
3A	3	50	4	2	1	0.263	883.4396	69.1941	0.2493	88343.96	0.431	792.0	90.3	1.0	0.0
3A	3	50	5	2	1	0.2919	571.2986	69.1126	0.3851	57129.86	0.665	443.3	125.4	2.6	0.0

PARCELA	LOCAL	CAMADA	POSICAO	PORTE	BLOCO	MRS	CUMP	SURFAR	DIAMM	RLD	RVOL	CLAS1	CLASS2	CLASS3	CLAS4
3A	3	10	1	1	2	1.0417	3259.009	328.5656	0.3209	325900.9	2.636	2803.0	444.7	8.7	0.4
3A	3	10	2	1	2	3.156	3754.915	486.5629	0.4125	375491.5	5.017	3131.3	557.5	48.7	15.3
3A	3	10	3	1	2	3.641	2724.561	428.7035	0.5009	272456.1	5.368	2184.1	486.0	34.8	18.4
3A	3	10	4	1	2	2.8538	3882.786	445.7171	0.3654	388278.6	4.072	3279.7	563.4	28.0	10.1
3A	3	10	5	1	2	2.5279	4272.768	478.3727	0.3564	427276.8	4.262	3658.6	592.6	15.5	4.3
3A	3	20	1	1	2	0.8699	3092.544	246.3365	0.2535	309254.4	1.561	2838.2	246.2	5.0	1.5
3A	3	20	2	1	2	0.7277	3843.487	301.2321	0.2495	384348.7	1.879	3537.3	303.1	0.9	0.0
3A	3	20	3	1	2	0.697	2651.581	253.2752	0.304	265158.1	1.925	2334.0	314.9	1.0	0.0
3A	3	20	4	1	2	0.7138	3130.896	273.8165	0.2784	313089.6	1.906	2823.8	303.0	2.1	0.0
3A	3	20	5	1	2	0.6914	3044.02	246.5344	0.2578	304401.9	1.589	2785.1	257.1	0.2	0.0
3A	3	30	1	1	2	0.8178	1843.039	140.1245	0.242	184303.9	0.848	1756.3	81.2	1.5	3.1
3A	3	30	2	1	2	0.3635	1607.263	115.6347	0.229	160726.3	0.662	1503.7	102.6	0.3	0.0
3A	3	30	3	1	2	0.4308	1634.743	146.2585	0.2848	163474.3	1.041	1481.3	152.9	0.0	0.0
3A	3	30	4	1	2	0.4722	1459.952	142.9606	0.3117	145995.2	1.114	1243.3	213.2	3.1	0.0
3A	3	30	5	1	2	0.3872	1011.978	106.0331	0.3335	101197.8	0.884	869.8	136.8	5.3	0.0
3A	3	40	1	1	2	0.359	1281.965	95.9911	0.2383	128196.5	0.572	1202.9	76.3	1.4	1.0
3A	3	40	2	1	2	0.2537	1268.252	87.8663	0.2205	126825.2	0.484	1190.1	77.6	0.0	0.0
3A	3	40	3	1	2	0.2781	978.0048	85.3595	0.2778	97800.48	0.593	887.0	90.5	0.1	0.0
3A	3	40	4	1	2	0.3322	1190.335	103.1111	0.2757	119033.5	0.711	1072.3	117.0	0.5	0.0
3A	3	40	5	1	2	0.3071	1229.346	100.7681	0.2609	122934.6	0.657	1108.5	120.1	0.3	0.0
3A	3	50	1	1	2	0.2669	871.2523	77.5227	0.2832	87125.23	0.549	784.9	85.8	0.2	0.0
3A	3	50	2	1	2	0.1852	637.7864	48.5575	0.2423	63778.64	0.294	581.1	56.3	0.0	0.0
3A	3	50	3	1	2	0.2767	646.6224	68.7466	0.3384	64662.24	0.582	541.0	104.8	0.7	0.1
3A	3	50	4	1	2	0.2093	704.3229	60.7204	0.2744	70432.29	0.417	621.3	82.6	0.2	0.0
3A	3	50	5	1	2	0.2704	726.247	71.0836	0.3116	72624.7	0.554	626.4	99.6	0.0	0.0

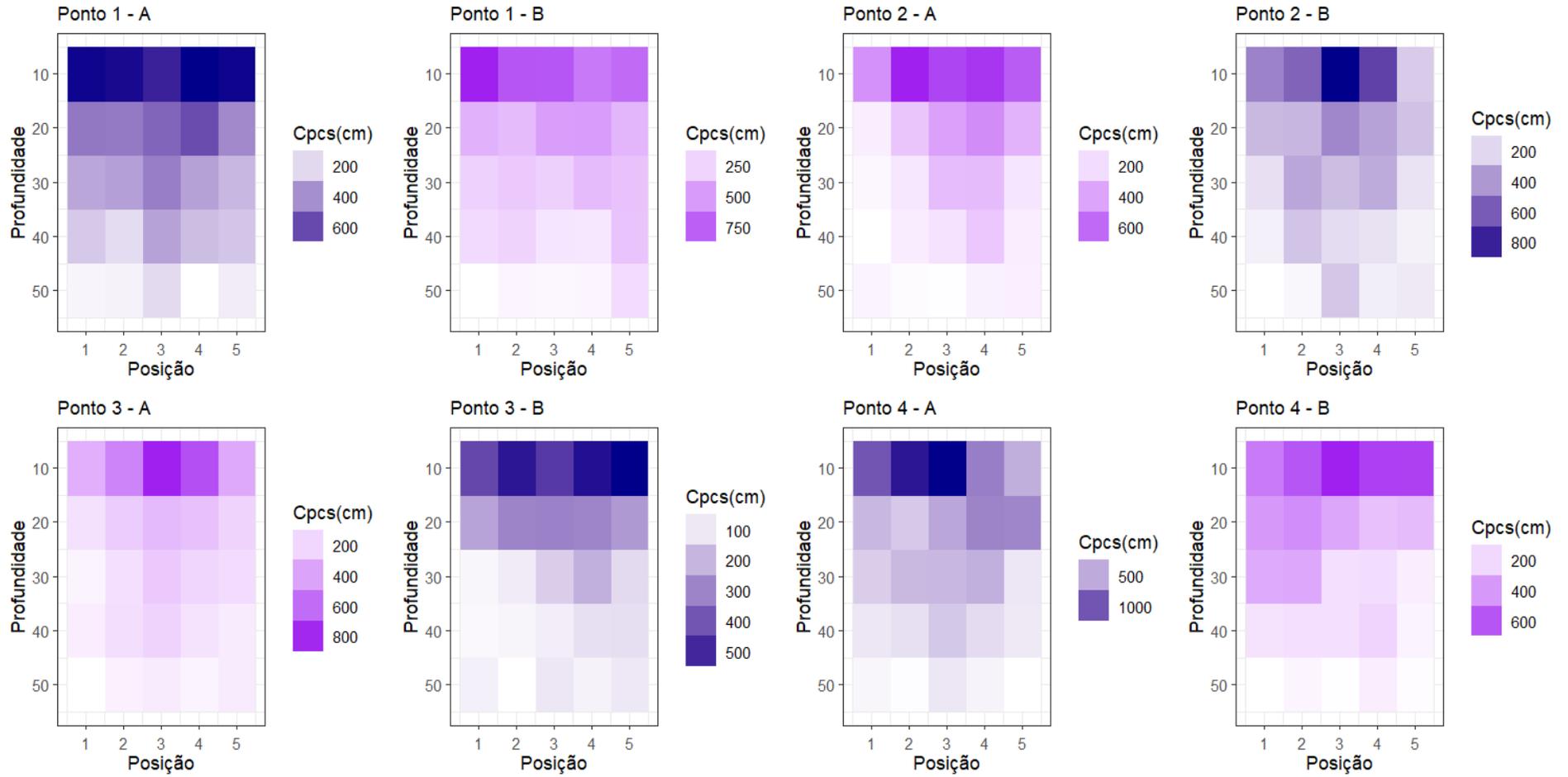
PARCELA	LOCAL	CAMADA	POSICAO	PORTE	BLOCO	MRS	CUMP	SURFAR	DIAMM	RLD	RVOL	CLAS1	CLASS2	CLASS3	CLAS4
3A	4	10	1	1	1	2.0282	5074.674	599.0141	0.3757	507467.4	5.627	4051.3	1008.8	6.8	4.5
3A	4	10	2	1	1	3.4877	4585.313	719.3742	0.4994	458531.3	8.981	3156.2	1385.4	30.4	10.3
3A	4	10	3	1	1	3.0669	5690.287	799.912	0.4475	569028.7	8.948	4166.3	1487.2	23.9	10.2
3A	4	10	4	1	1	2.9783	3314.099	475.0887	0.4563	331409.9	5.42	2521.9	764.5	17.5	8.1
3A	4	10	5	1	1	1.3364	2205.366	285.1848	0.4116	220536.5	2.935	1698.4	489.6	12.8	3.6
3A	4	20	1	1	1	0.7701	2625.808	281.6772	0.3415	262580.8	2.405	2190.4	432.6	1.2	0.1
3A	4	20	2	1	1	0.6358	1975.614	210.4707	0.3391	197561.4	1.784	1633.0	340.8	0.4	0.0
3A	4	20	3	1	1	0.7679	3125.787	322.9277	0.3288	312578.7	2.655	2596.9	525.7	0.8	0.0
3A	4	20	4	1	1	1.103	3794.898	417.4593	0.3502	379489.8	3.654	3074.3	717.6	0.2	0.0
3A	4	20	5	1	1	1.1001	3347.691	393.8533	0.3745	334769.1	3.687	2625.1	710.0	10.0	0.0
3A	4	30	1	1	1	0.5454	2319.27	221.4864	0.304	231927	1.683	2001.8	315.9	0.0	0.0
3A	4	30	2	1	1	0.6193	2016.285	231.8135	0.366	201628.5	2.121	1593.4	420.8	0.2	0.0
3A	4	30	3	1	1	0.6245	2490.522	261.5689	0.3343	249052.2	2.186	2062.8	425.9	0.1	0.0
3A	4	30	4	1	1	0.7963	3116.822	312.8433	0.3195	311682.2	2.499	2635.9	478.9	0.4	0.0
3A	4	30	5	1	1	0.4199	1684.54	150.8668	0.2851	168454	1.075	1505.3	178.5	0.0	0.0
3A	4	40	1	1	1	0.3333	1239.354	125.9173	0.3234	123935.4	1.018	1058.1	180.7	0.0	0.0
3A	4	40	2	1	1	0.3636	1297.661	139.9076	0.3432	129766.1	1.2	1083.0	213.4	0.1	0.0
3A	4	40	3	1	1	0.5696	1945.132	214.9977	0.3518	194513.2	1.891	1598.8	343.7	1.6	0.0
3A	4	40	4	1	1	0.3841	1301.684	140.7979	0.3443	130168.4	1.212	1062.5	237.3	1.0	0.0
3A	4	40	5	1	1	0.3522	1342.517	123.4805	0.2928	134251.7	0.904	1179.3	162.6	0.3	0.0
3A	4	50	1	1	1	0.2277	885.6276	86.7674	0.3119	88562.76	0.676	791.0	93.9	0.1	0.0
3A	4	50	2	1	1	0.1932	492.4791	48.5675	0.3139	49247.91	0.381	429.5	62.8	0.0	0.0
3A	4	50	3	1	1	0.2855	1014.157	110.8245	0.3478	101415.7	0.964	834.0	179.8	0.0	0.0
3A	4	50	4	1	1	0.2055	655.9421	66.4637	0.3225	65594.21	0.536	542.0	113.6	0.0	0.0
3A	4	50	5	1	1	0.1665	443.7273	38.7572	0.278	44372.73	0.269	394.4	49.2	0.0	0.0

PARCELA	LOCAL	CAMADA	POSICAO	PORTE	BLOCO	MRS	CUMP	SURFAR	DIAMM	RLD	RVOL	CLAS1	CLASS2	CLASS3	CLAS4
3A	4	10	1	2	2	1.7215	3064.519	340.3707	0.3535	306451.9	3.008	2550.6	500.2	7.4	4.6
3A	4	10	2	2	2	2.3698	3227.206	403.3446	0.3978	322720.6	4.012	2589.4	607.7	21.3	7.7
3A	4	10	3	2	2	3.3908	3465.685	465.7693	0.4278	346568.5	4.981	2695.7	729.6	25.7	13.0
3A	4	10	4	2	2	2.2977	3239.222	407.6738	0.4006	323922.2	4.083	2550.7	664.8	13.5	8.6
3A	4	10	5	2	2	2.7553	4721.994	510.5117	0.3441	472199.4	4.392	4028.2	666.6	22.5	3.0
3A	4	20	1	2	2	0.8364	2275.771	245.4942	0.3434	227577.1	2.107	1868.7	405.0	0.8	0.0
3A	4	20	2	2	2	0.9422	2650.217	277.2935	0.333	265021.7	2.309	2202.4	440.4	5.7	0.0
3A	4	20	3	2	2	0.8368	3196.332	290.3913	0.2892	319633.2	2.099	2819.7	361.2	10.7	2.8
3A	4	20	4	2	2	0.8078	2203.078	210.937	0.3048	220307.8	1.607	1904.8	276.4	20.7	0.0
3A	4	20	5	2	2	0.669	3688.417	285.493	0.2464	368841.7	1.758	3393.5	292.6	0.2	0.0
3A	4	30	1	2	2	0.6623	2776.154	257.0246	0.2947	277615.4	1.894	2427.0	347.2	0.2	0.0
3A	4	30	2	2	2	0.7441	2472.846	244.1608	0.3143	247284.6	1.918	2111.9	358.2	1.2	0.0
3A	4	30	3	2	2	0.4058	1958.71	150.301	0.2443	195871	0.918	1782.1	175.7	0.1	0.0
3A	4	30	4	2	2	0.4385	1291.839	120.3776	0.2966	129183.9	0.893	1102.4	188.3	0.7	0.0
3A	4	30	5	2	2	0.4234	1928.777	142.7537	0.2356	192877.7	0.841	1789.1	138.8	0.5	0.0
3A	4	40	1	2	2	0.3586	1196.528	116.8275	0.3108	119652.8	0.908	1029.1	166.1	0.3	0.0
3A	4	40	2	2	2	0.3885	993.116	107.9649	0.346	99311.6	0.934	810.7	181.6	0.4	0.0
3A	4	40	3	2	2	0.668	1205.746	140.3667	0.3706	120574.6	1.3	1005.3	188.0	11.0	0.8
3A	4	40	4	2	2	0.5598	1391.792	149.0518	0.3409	139179.2	1.27	1161.7	221.5	7.8	0.0
3A	4	40	5	2	2	0.3277	1599.569	124.0604	0.2469	159956.9	0.766	1480.5	116.8	1.3	0.0
3A	4	50	1	2	2	0.1929	441.5301	49.9587	0.3602	44153.01	0.45	361.3	79.5	0.1	0.0
3A	4	50	2	2	2	0.262	754.6669	74.7148	0.3151	75466.69	0.589	643.2	111.1	0.2	0.0
3A	4	50	3	2	2	0.3151	708.0676	72.6219	0.3265	70806.76	0.593	611.0	89.4	7.6	0.0
3A	4	50	4	2	2	0.3581	841.2693	87.5236	0.3312	84126.93	0.725	697.8	141.7	1.5	0.0
3A	4	50	5	2	2	0.2058	629.7271	57.9737	0.293	62972.71	0.425	540.7	88.8	0.0	0.0

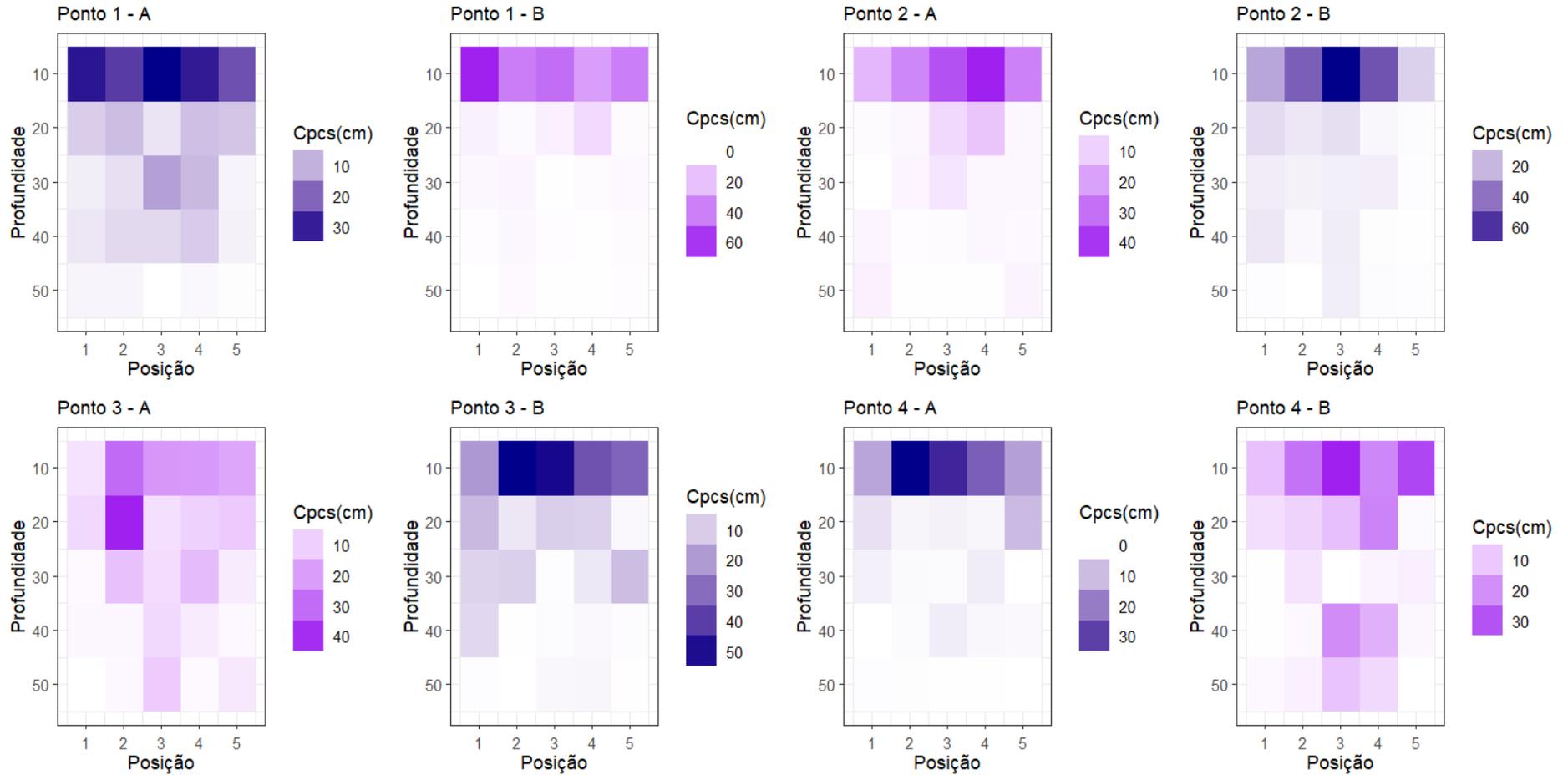
Apêndice 4. Comprimento total de raízes em torno dos 0 até 0,5mm contidas em um 1dm³ de solo nas camadas 0-50cm.



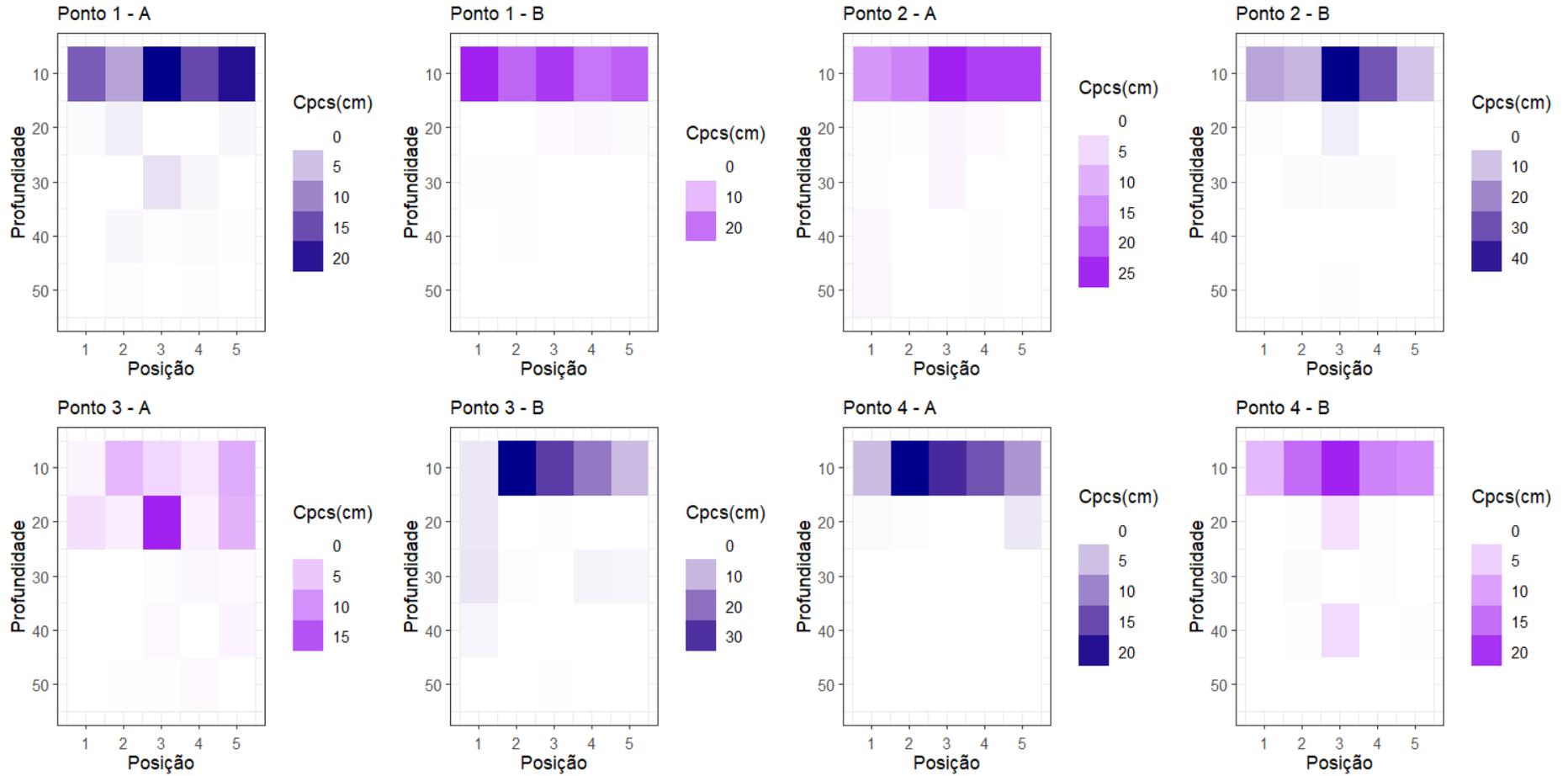
Apêndice 5. Comprimento total de raízes em torno dos 0,5 até 2,5 mm contidas em um 1dm3 de solo nas camadas 0-50cm



Apêndice 6. Comprimento total de estruturas radiculares em torno dos 2.5 até 4,5 mm contidas em um 1dm³ de solo nas camadas 0-50cm



Apêndice 7. Comprimento total de estruturas radiculares superiores a 4,5 mm contidas em um 1dm³ de solo nas camadas 0-50cm



Apêndice 8. Carbono e Nitrogênio total na raiz e no solo.

LOCAL	Porte de vegetação	Bloque	Camada (cm)	Ns	Cs	Nr	Cr
				-----%			
1	1	1	10	0.0861	1.0457	0.6481	45.4907
	1	1	20	0.0581	0.7204	0.5144	43.7704
	1	1	30	0.0499	0.6521	0.6314	39.6077
	1	1	40	0.0526	0.6603	0.5948	38.3016
	1	1	50	0.0567	0.7720	0.5529	40.3339
	2	2	10	0.0882	1.0494	0.9035	43.8439
	2	2	20	0.0843	1.0263	0.5523	40.5853
	2	2	30	0.0535	0.6542	0.5505	40.2937
	2	2	40	0.0628	0.9204	0.6916	38.6840
	2	2	50	0.0573	0.7725	0.6497	33.5874
2	2	1	10	0.0862	1.0159	0.7365	43.7809
	2	1	20	0.0648	0.8502	0.7213	29.6327
	2	1	30	0.0560	0.7945	0.7401	39.0359
	2	1	40	0.0523	0.7599	0.6185	41.1078
	2	1	50	0.0609	0.8783	0.7158	36.3455
	1	2	10	0.1071	1.3581	0.9342	43.6219
	1	2	20	0.0622	0.7819	0.9201	41.6463
	1	2	30	0.0636	0.8837	0.4931	38.3455
	1	2	40	0.0525	0.7762	0.6960	31.9286
	1	2	50	0.0653	0.9517	0.5522	33.7705
3	2	1	10	0.0742	0.9057	0.8801	44.5018
	2	1	20	0.0691	0.9190	1.2259	40.3917
	2	1	30	0.0600	0.8355	0.6968	41.5709
	2	1	40	0.0591	0.8420	0.6806	42.0435
	2	1	50	0.0569	0.8555	0.6031	41.5216
	1	2	10	0.0954	1.1909	1.1125	40.1445
	1	2	20	0.0572	0.8052	0.8985	39.0900
	1	2	30	0.0612	0.8552	1.0979	37.8289
	1	2	40	0.0601	0.9117	0.6986	38.3319
	1	2	50	0.0792	0.9744	0.6456	39.2853
4	1	1	10	0.1043	1.1605	1.1148	41.3771
	1	1	20	0.0651	0.8103	0.7605	44.1304
	1	1	30	0.0529	0.7113	0.5975	36.5824
	1	1	40	0.0478	0.6337	0.6199	40.0776
	1	1	50	0.0543	0.7120	0.6629	39.5210
	2	2	10	0.1264	1.4056	1.0800	44.1736
	2	2	20	0.0777	0.9657	0.7619	37.5320
	2	2	30	0.0569	0.7061	0.7055	35.2537
	2	2	40	0.0533	0.6646	0.7011	38.8999
	2	2	50	0.0548	0.6914	0.7198	38.4761

Apêndice 9. Carbono e nitrogênio total da biomassa aérea do conjunto de subparcelas nos sítios de avaliação

LOCAL	Porte de vegetação	Nt	Ct
		-----%-----	
1	1	0.6149	41.9197
1	2	1.1207	35.9052
2	2	1.0990	42.6562
2	1	0.4598	12.4229
3	2	0.4823	12.5962
3	1	0.5583	16.9300
4	1	0.7048	14.7959
4	2	1.0025	34.3349

RESUMO BIOGRÁFICO

Alejandro David, filho de David Chuquimia e Norah Quicaña, nasceu em 17 de junho de 1994, em Nossa Senhora de La Paz, Bolívia. Estudou nos colégios Nacional German Busch os estudos de primeiro grau e Industrial Superior Pedro Domingo Murillo, onde completou seus estudos de ensino médio. Em 2014 ingressou na Faculdade de Agronomia da Universidade Mayor de San Andrés, graduando-se como Engenheiro-Agrônomo em 2020. De agosto de 2020 até fevereiro de 2021 integrou a equipe de avaliação do Projeto de Demanda hídrica do Programa de Nações Unidas para o Desenvolvimento PNUD-Bolívia. Em março de 2021 iniciou seus estudos de Mestrado em Ciência do Solo no Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Atualmente, é estudante de doutorado no Programa de pós-graduação em Ciência do solo da Faculdade de Agronomia da UFRGS.