

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar



Tese

**Avaliação de policultivos entre adubos verdes e abóbora BRS Tortéi
associados com húmus líquido de minhoca e seu efeito sobre as propriedades
do solo**

Amanda Figueiredo Guedes

Pelotas, 2021

Amanda Figueiredo Guedes

**Avaliação de policultivos entre adubos verdes e abóbora BRS Tortéi
associados com húmus líquido de minhoca e seu efeito sobre as propriedades
do solo**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Agronomia.

Orientador: Dr. Gustavo Schiedeck

Coorientadores: Prof. Dra. Tânia Beatriz Gamboa Araújo Morselli

Dr. Irajá Ferreira Antunes

Pelotas, 2021

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

G924a Guedes, Amanda Figueiredo

Avaliação de policultivos entre adubos verdes e abóbora BRS Tortéi associados com húmus líquido de minhoca e seu efeito sobre as propriedades do solo / Amanda Figueiredo Guedes ; Gustavo Schiedeck, orientador ; Tânia Beatriz Gamboa Araújo Morselli, Irajá Ferreira Antunes, coorientadores. — Pelotas, 2021.

96 f.

Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2021.

1. *Cucurbita maxima*. 2. Plantas de cobertura verde. 3. Agricultura de base familiar ecológica. 4. Consórcio. I. Schiedeck, Gustavo, orient. II. Morselli, Tânia Beatriz Gamboa Araújo, coorient. III. Antunes, Irajá Ferreira, coorient. IV. Título.

CDD : 630.2745

Amanda Figueiredo Guedes

Avaliação de policultivos entre adubos verdes e abóbora BRS Tortéi associados com húmus líquido de minhoca e seu efeito sobre as propriedades do solo

Tese aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Doutora em Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

Data da defesa: 29/03/2021

Banca examinadora:

Pesq. Dr. Gustavo Schiedeck (Orientador)

Doutor em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas

Prof.^a Dr.^a Patrícia Braga Lovatto

Doutora em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas

Pesq. Dr. Eberson Diedrich Eicholz

Doutor em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Carlos Rogério Mauch

Doutor em Agronomia pela Universidad Politécnica de Valencia-España

Dedico à minha Vovó Nadir (*sempre na memória e no coração*), aos meus pais, Mariangela e Paulo por me conceberem nesta vida e ao meu filho Beijamim, maior propósito da vida: gerar, amar e educar.

Agradecimentos

Agradeço a Deus pela oportunidade de agradecer e estar viva. Ao Mestre Jesus e à sua mãe, Nossa Senhora da Conceição, Nossa Senhora de Fátima, São Francisco de Assis, por me acompanharem em todas as horas e junto aos bons espíritos a me guiar! Ao Santo Daime, por expandir a minha mente e guiar-me na luz do divino.

À minha Mãe em especial, em bênçãos, em eterna gratidão por sempre me amparar e acolher em todas as horas.

À minha família, esteio em todos os momentos de minha vida. Minha base, meu acalento, meu ninho, Paulo César, Ana Paula, Bernardo, Felipe, Pape e Pequena (na lembrança).

À nova família que estou construindo energeticamente ao lado do Beijamim e do Éverton.

Aos amig@s, os que caminham comigo há tempos (Tatá, Igor, Carlita, Laisa, Possu, Myriam, Adê, Maritchê, Aninha) e os que chegaram para somar (Carolzita, Paolita, Letícia, Daniela, Camila, Louise, Gabriela, Sarita, Cristina, Vanderson, Thiaguinho, Sandra amiga, Dinara, Elka e Gianna).

Em especial, áqueles que um *cadinho* mais perto impulsionaram para que este trabalho fosse concretizado Willian e Cristine.

À família Andréia e Robison, pela confiança, amizade e prosas sempre construtivas.

A paciência, aceitação e auxílio do professor orientador Gustavo Schiedeck no desenvolvimento deste trabalho.

Aos coorientadores, Prof^a Tânia e Prof Irajá, por toda ajuda e amizade neste período do trabalho.

Aos estagiários e pós-graduandos que acompanharam o período de experimento: Gabi, Davi, Rafaela, Priscila, Maurício, Guilherme e Manuela.

Ao SPAF, por ser um programa que inclui e contribui para realização de trabalhos com a agricultura familiar.

Aos professores Patrícia Silvia, Patrícia Lovatto, Ana Cláudia de Lima, Lúcio Fernandes, Gilberto Beviláqua, Antônio Bezerra, Giancarla Salomoni, pelos ensinamentos nas disciplinas e para além delas, fazendo com que eu navegasse neste mar de conhecimentos agroecológicos.

À Rede de Sementes Agroecológicas Bionatur pela doação das sementes das abóboras e pela resiliência nos territórios agroecológicos da prática da agricultura familiar ecológica.

Pela universidade pública e de qualidade ímpar, a UFPel.

À Embrapa por realizar o experimento e utilizar as ferramentas necessárias para este trabalho; aos pesquisadores e funcionários, que tornaram amigos nesta caminhada: José Ernani, Eberson, Ernestino, Daniel, Geraldo, Bárbara, amigos do campo, Guga, Rudi, Paulão, Beto, Arthur, Antônio, Alexandre, Bebeto, Joãozinho (*in memoriam*).

À família EFASul, educandos e educadores, em especial ao amigo Reges e família, Gisela, Calisc, Rosane, Janaína, Jair e Antônio.

À Capes, pela concessão de bolsas durante o período do doutorado.

Aos membros da banca pelas contribuições e ensinamentos.

E mais do importante, a fé que me move agradece e saúda a tod@s que contribuíram para que este projeto saísse do papel e se movimentasse pelo solo.

A principal ameaça à vida em meio à diversidade deriva do hábito de pensarmos em termos de monoculturas, o que chamei de 'monoculturas da mente'. As monoculturas da mente fazem a diversidade desaparecer da percepção e, conseqüentemente, do mundo. Adotar a diversidade como uma forma de pensar, como um contexto de ação, permite o surgimento de muitas opções. Vandana Shiva (1993).

Resumo

GUEDES, Amanda Figueiredo. **Avaliação de policultivos entre adubos verdes e abóbora BRS Tortéi associados com húmus líquido de minhoca e seu efeito sobre as propriedades do solo.** Orientador: Gustavo Schiedeck. 2021. 96f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2021.

O solo possui uma biodiversidade importante para a vida nos ecossistemas. Práticas que potencializem a diversidade genética, ecológica e cultural em uma transição do paradigma homogêneo nas unidades agrícolas familiares, focado em práticas exclusivamente econômicas, para processos holísticos em um sistema biodiverso de produção, com resgate de espécies crioulas e do conhecimento tradicional das populações locais devem ser investigadas e valorizadas. Neste sentido, o objetivo deste estudo é avaliar o policultivo entre os adubos verdes e abóbora BRS Tortéi associados com húmus líquido de minhoca e seu efeito nas propriedades do solo. O delineamento experimental da área foi o de blocos ao acaso com 4 repetições, em esquema fatorial 4 x 2, com 4 espécies de adubo verde (crotalária, mucuna-cinza, feijão-de-porco e milho) na parcela e os 2 níveis de fertilização (com e sem húmus líquido na diluição de 10%) na sub-parcela. As variáveis analisadas constituíram os parâmetros para avaliar a contribuição das plantas de cobertura do solo (biomassa fresca e seca), dos atributos do solo (pH, condutividade, densidade, sólidos voláteis do solo e formas de nitrogênio), da presença dos organismos da fauna edáfica na produção, produtividade e diâmetro do fruto da abóbora de origem crioula. Para os parâmetros produtividade de biomassa fresca dos adubos verdes, pH e sólidos voláteis do solo, o efeito isolado das espécies foi estatisticamente significativo. A mucuna-cinza obteve maior biomassa fresca que o milho, este com menor produção de biomassa verde. Ambas estas espécies não diferiram estatisticamente da crotalária e do feijão-de-porco. Já para os valores médios de pH, a diferença encontrada pelo teste foi bem pequena, não apresentando comparações entre elas, porém demonstrando acidificação na solução do solo. Os valores de sólidos voláteis foram superiores nas parcelas com crotalária quando comparadas às parcelas com mucuna-cinza, não diferenciando das demais, o feijão-de-porco e o milho. Houve interação significativa entre as plantas de cobertura verde e a aplicação com húmus líquido para todas as formas de nitrogênio (N) no solo avaliadas. Nas parcelas com feijão-de-porco e milho não houve diferença da aplicação do húmus líquido para as médias de nitrogênio amoniacal ($N-NH_4^+$), nitrato ($N-NO_3^-$), nitrogênio extraível total (NET) e nitrogênio orgânico (Norg) do solo. Para as parcelas com crotalária e mucuna-cinza o uso de húmus líquido apresentou maiores médias para o NET, $N-NH_4^+$, $N-NO_3^-$ e Norg para o controle. O policultivo entre as plantas de adubação verde e da abóbora BRS Tortéi associadas com o húmus líquido não se beneficiaram em termos produtivos, mas contribuíram nas propriedades químicas do solo, em específico para as formas de nitrogênio, dentro do recorte temporal do trabalho.

Palavras-chave: *Cucurbita maxima*, plantas de cobertura verde, agricultura de base familiar ecológica, consórcio.

Abstract

GUEDES, Amanda Figueiredo. **Evaluation of green manure and BRS Tortéi pumpkin polycultures associated with liquid earthworm humus and its effect on soil properties.** Orientador: Gustavo Schiedeck. 96 f. Thesis (Doctor in Agronomy) – Post Graduate Program in Family Agricultural Production Systems, Faculty of Agronomy Eliseu Maciel, Federal University of Pelotas, Pelotas, 2021.

Soils have an important biodiversity for life in ecosystems. Practices that enhance genetic, ecological, and cultural diversity in a transition from the homogeneous paradigm in family farming units, focused on exclusively economic practices, to holistic processes in a biodiverse production system, with the rescue of landrace species and the traditional knowledge of local populations, must be investigated and valued. In this respect, the objective of this study is to evaluate the polyculture between green manure and BRS Tortéi pumpkins associated with liquid earthworm humus and its effect on soil properties. The experimental design of the area was that of randomized blocks with 4 replications, in a 4 x 2 factorial scheme, with 4 species of green manure (crotalaria, gray mucuna, pork beans and millet) in the plot and 2 levels of fertilization (with and without liquid humus at 10% dilution) in the sub-plot. The analyzed variables constituted the parameters to evaluate the contribution of soil cover plants (fresh and dry biomass), soil attributes (pH, conductivity, density, soil volatile solids, and nitrogen forms), the presence of edaphic fauna organisms in the production, productivity and diameter of the pumpkin fruit of landrace origin. For the parameters fresh biomass yield of green manures, pH, and volatile solids in the soil, the isolated effect of the species was statistically significant. The gray mucuna obtained the highest fresh biomass compared to the millet, obtaining the lowest production of green biomass. Both of these species did not differ statistically from crotalaria and pork bean. As for the average pH values, the difference found by the test was very small, showing no comparisons between them, but showing acidification in the soil solution. The values for volatile solids were higher in the plots with crotalaria compared to plots with gray mucuna, while pork beans and millet showed no difference from the others. There was a significant interaction between green cover plants and the application with liquid humus for all evaluated forms of nitrogen (N) in the soil. In the plots with pork beans and millet, there was no difference in the application of liquid humus for the averages of ammoniacal nitrogen (N-NH⁴⁺), nitrate (N-NO₃⁻), total extractable nitrogen (NET), and organic nitrogen (Norg) in the soil. For the plots with crotalaria and gray mucuna, the use of liquid humus showed higher averages for NET, N-NH⁴⁺, N-NO₃⁻ and Norg for the control. The polyculture between green manure plants and BRS Tortéi pumpkins associated with liquid humus did not benefit in productive terms, but contributed to the chemical properties of the soil, specifically to the forms of nitrogen, within the time frame of the work.

Keywords: *Cucurbita maxima*, green cover plants, ecological family-based agriculture, consortium.

Lista de Figuras

Figura 1	Estação Experimental Cascata.....	32
Figura 2	Condução do experimento nas semanas do desenvolvimento do consórcio entre os adubos verdes e a abóbora crioula.....	36
Figura 3	Produção do húmus líquido.....	37
Figura 4	Fluxograma da sequência de procedimentos para análises de nitrogênio.....	41
Figura 5	Valores de condutividade elétrica ($\mu\text{Scm}^{-1} \pm \text{dp}$) na camada superficial do solo com a presença de plantas de cobertura e fertilização com húmus líquido.....	51
Figura 6	Valores de densidade média do solo ($\text{gcm}^{-3} \pm \text{dp}$) na camada superficial do solo com a presença de plantas de cobertura e fertilização com húmus líquido.....	52
Figura 7	Índice de diversidade de Shannon ($m \pm \text{dp}$) da fauna edáfica do solo com diferentes coberturas vegetais e fertilização com húmus líquido.....	63
Figura 8	Número de equitabilidade de Pielou ($m \pm \text{dp}$) da fauna edáfica do solo com diferentes coberturas vegetais e fertilização com húmus líquido.....	64
Figura 9	Índice de dominância de Simpson ($m \pm \text{dp}$) na fauna edáfica do solo nas coberturas vegetais e fertilização com húmus líquido.....	65
Figura 10	Análise de componentes principais da diversidade da mesofauna edáfica coletadas em armadilhas tipo pitfall em área com diferentes espécies de adubação verde e fertilização orgânica.....	66
Figura 11	Análise de componentes principais da diversidade da mesofauna edáfica coletadas em armadilhas tipo pitfall em área com diferentes espécies de adubação verde e fertilização orgânica.....	67
Figura 12	Valores médios do diâmetro da abóbora variedade BRS Tórtei com influência das coberturas vegetais e da fertilização com húmus líquido..	73

Lista de Tabelas

Tabela 1	Representação dos tratamentos do experimento.....	33
Tabela 2	Atributos químicos e físicos do solo na camada 0-20 cm no momento de implantação do experimento, nas parcelas com plantas de cobertura.....	34
Tabela 3	Atributos físicos e químicos do húmus sólido utilizado na produção do húmus líquido.....	37
Tabela 4	Análise de variância da massa fresca em função da espécie, fertilização e interação.....	45
Tabela 5	Massa fresca média ($\text{tha}^{-1} \pm \text{dp}$) de diferentes espécies de adubos verdes anteriormente ao corte.....	46
Tabela 6	Massa seca média ($\text{tha}^{-1} \pm \text{dp}$) de diferentes espécies de adubos verdes anteriormente ao corte.....	47
Tabela 7	Análise de variância para o pH em função da espécie, fertilização e interação.....	49
Tabela 8	Valores de pH médio do solo ($m \pm \text{dp}$) na camada de 0-20 cm após a presença de plantas de cobertura e fertilização com húmus líquido.....	49
Tabela 9	Análise de variância da condutividade elétrica em função da espécie, fertilização e interação.....	50
Tabela 10	Análise de variância da densidade do solo em função da espécie, fertilização e interação.....	52
Tabela 11	Análise de variância para sólidos voláteis em função da espécie, fertilização e interação.....	54
Tabela 12	Porcentagem dos sólidos volatéis (%) dos adubos verdes.....	54
Tabela 13	Análise de variância para nitrogênio extraível total (NET) do solo nas parcelas com diferentes coberturas vegetais e fertilização com húmus líquido.....	55
Tabela 14	Nitrogênio extraível total - NET ($\mu\text{gg}^{-1} \pm \text{dp}$) do solo nas parcelas com diferentes coberturas vegetais e fertilização com húmus líquido.....	56
Tabela 15	Análise de variância para nitrogênio amônio (N-NH_4^+) com diferentes coberturas vegetais e fertilização com húmus líquido.....	57
Tabela 16	Nitrogênio amônio N-NH_4^+ ($\mu\text{gg}^{-1} \pm \text{dp}$) do solo nas parcelas com diferentes coberturas vegetais e fertilização com húmus líquido.....	58
Tabela 17	Análise de variância do nitrogênio nitrato (N-NO_3^-) no solo com	

	diferentes coberturas vegetais e fertilização com húmus líquido.....	58
Tabela 18	Nitrogênio nitrato N-NO ³⁻ (μgg ⁻¹ ± dp) no solo nas parcelas com as diferentes coberturas vegetais e fertilização com húmus líquido.....	59
Tabela 19	Análise de variância para nitrogênio orgânico (Norg) nas parcelas com diferentes coberturas vegetais e fertilização com húmus líquido.....	59
Tabela 20	Nitrogênio orgânico solúvel – Norg (μgg ⁻¹ ± dp) das coberturas vegetais e fertilização com húmus líquido.....	60
Tabela 21	Análise de variância para riqueza de táxons e abundância de indivíduos nas parcelas com diferentes coberturas vegetais e fertilização com húmus líquido.....	61
Tabela 22	Valores médios da riqueza (nº de táxons) (m ± dp) e da fauna edáfica do solo com diferentes coberturas vegetais e fertilização com húmus líquido.....	61
Tabela 23	Valores médios da abundância de indivíduos da fauna edáfica do solo com diferentes coberturas vegetais e fertilização com húmus líquido.....	62
Tabela 24	Análise de variância para o índice de diversidade de Shannon nas parcelas com diferentes coberturas vegetais e fertilização com húmus líquido.....	63
Tabela 25	Análise de variância para o índice de equitabilidade de Pielou nas parcelas com diferentes coberturas vegetais e fertilização com húmus líquido.....	64
Tabela 26	Análise de variância para o índice de dominância de Simpson nas parcelas com diferentes coberturas vegetais e fertilização com húmus líquido.....	65
Tabela 27	Análise de variância da massa fresca dos frutos da abóbora.....	69
Tabela 28	Valores médios da massa fresca dos frutos da abóbora variedade BRS Tortéi (g/fruto).....	69
Tabela 29	Análise de variância da produtividade média dos frutos da abóbora.....	71
Tabela 30	Valores médios da produtividade da abóbora (kg ha ⁻¹) variedade BRS Tortéi.....	71
Tabela 31	Análise de variância do diâmetro médio dos frutos da abóbora.....	73

Lista de Abreviatura e Siglas

BIONAUR	Rede de Sementes Agroecológicas BioNatur
C:N	Relação carbono e nitrogênio
EEC	Estação Experimental Cascata – Embrapa Clima Temperado
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
ONU	Organização das Nações Unidas

Sumário

1	Introdução.....	15
2	Revisão de literatura.....	19
2.1.	Agroecologia e agrobiodiversidade.....	19
2.2.	Práticas agrícolas nos agroecossistemas familiares de base ecológica.....	21
2.2.1.	Abóbora de origem crioula nos sistemas de base familiar ecológica.....	22
2.3.	Processos biológicos no manejo do solo de base ecológica.....	24
2.3.1.	Uso de plantas de cobertura e adubação verde.....	25
2.3.1.1.	Crotalária (<i>Crotalaria juncea</i>).....	27
2.3.1.2.	Feijão-de-porco (<i>Canavalia ensiformis</i> DC).....	28
2.3.1.3.	Mucuna-cinza (<i>Mucuna cinerea</i> Piper & Tracy).....	28
2.3.1.4.	Milheto (<i>Pennisetum glaucum</i>).....	29
2.3.2.	Húmus de minhoca.....	29
3	Material e métodos.....	31
3.1.	Histórico da área experimental.....	31
3.2.	Área experimental.....	31
3.3.	Implantação e condução do experimento.....	32
3.4.	Abóbora de origem crioula.....	35
3.5.	Coleta da fauna edáfica.....	35
3.6.	Produção de húmus sólido e líquido de minhocas.....	36
3.7.	Variáveis analisadas.....	38
3.7.1.	Avaliações Fitotécnicas.....	38
3.7.1.1.	Massa vegetal fresca e secados adubos verdes.....	38
3.7.1.2.	Massa fresca e diâmetro dos frutos da abóbora.....	38
3.7.2.	Atributos do solo.....	38
3.7.2.1.	Densidade do solo (Ds).....	39
3.7.2.2.	Sólidos voláteis do solo.....	39
3.7.2.3.	Potencial hidrogeniônico (pH).....	39
3.7.2.4.	Condutividade elétrica (CE).....	40
3.7.2.5.	Nitrogênio (N).....	40
3.7.2.6.	Índices ecológicos do solo.....	42
3.7.3.	Monitoramento de variáveis agrometeorológicas.....	43
3.8.	Procedimento estatístico.....	43
4	Resultados e discussão.....	45
4.1.	Biomassa vegetal das plantas de cobertura.....	45
4.2.	Efeito dos tratamentos sobre os atributos do solo.....	49
4.2.1.	Potencial Hidrogeniônico (pH).....	49
4.2.2.	Condutividade elétrica.....	50
4.2.3.	Densidade do solo.....	51
4.2.4.	Sólidos voláteis.....	53
4.2.5.	Nitrogênio.....	55
4.2.5.1.	Nitrogênio Extraível Total (NET).....	55
4.2.5.2.	Amônio (N-NH ⁴⁺).....	57
4.2.5.3.	Nitrato (N-NO ₃ ⁻).....	58
4.2.5.4.	Nitrogênio orgânico (Norg).....	59
4.3.	Efeito dos tratamentos sobre a biodiversidade da fauna edáfica.....	60
4.3.1.	Riqueza e abundância.....	61
4.3.2.	Índice de diversidade de Shannon.....	62
4.3.3.	Índice de Pielou.....	64

4.3.4. Índice de Dominância Simpson	65
4.3.5. Análise de componentes principais para a diversidade de ordens associados aos tratamentos.....	66
4.4. Componentes produtivos da abóbora	68
4.4.1. Massa fresca dos frutos	68
4.4.2. Produtividade dos frutos.....	71
4.4.3. Diâmetro dos frutos	72
5 Considerações finais.....	75
Referências	76
Apêndices.....	90
Anexos	94

1 Introdução

As agriculturas de bases ecológicas possuem a capacidade de resilir diante das ameaças que os agroecossistemas sofrem com a perda da biodiversidade pela hegemonia da agricultura vigente. Seus impactos afetam negativamente o modo de vida e o saber/fazer das comunidades tradicionais, as quais possuem uma sabedoria ancestral para apreciar, conservar e promover a imensa diversidade a qual pertencemos. As alterações afetam a humanidade em diversos aspectos, seja na forma como a alimentação é realizada, na manutenção da saúde, nos hábitos culturais e na sociabilidade humana.

O modelo agrícola predominante é questionável quanto à sua insustentabilidade ambiental, social e em relação à qualidade nutricional dos alimentos produzidos. Além de expulsar trabalhadores do campo, privilegia o desenvolvimento da transgenia e o aumento da monocultura em grandes extensões de terra (ZIMMERMAM, 2009) em detrimento das sementes crioulas e das diferentes formas de condução das lavouras. Neste modelo, um número reduzido de espécies vegetais é cultivado em grandes extensões de terra, formando uma paisagem homogênea, simplificando os processos naturais e desfavorecendo o acesso e a distribuição da diversidade biológica da vida selvagem e doméstica (VEIGA SILVA; COMIN, 2013).

Os gigantescos conglomerados dominam as cadeias agroindustriais utilizando sementes geneticamente modificadas, agrotóxicos e outras práticas não condizentes com a conservação da natureza. O resultado é uma homogeneização dos hábitos alimentares, da paisagem como todo, levando a uma menor variedade de opções para uma dieta energeticamente equilibrada, havendo uma maior dificuldade de acesso a espécies crioulas.

Em oposição a este cenário, a Agroecologia é cada vez mais debatida e estudada para a promoção da vida em sentido amplo, estimulando e promovendo os processos naturais dentro dos agroecossistemas familiares. Na Agroecologia, os

agricultores fazem parte dos processos e não são produtos do sistema; procuram oferecer, como base ecológica de produção, caminhos alternativos ao convencional por meio de conhecimentos holísticos das unidades de produção; inseridos na rede complexa dos agroecossistemas, levam em consideração a interação do conhecimento das comunidades e a importância das suas práticas (PETERSEN; ALMEIDA, 2006).

Por conta da pressão pela produtividade econômica, uma significativa parcela de agricultores abandona os cultivos das espécies crioulas ao utilizar materiais genéticos disponíveis no mercado. Estes são selecionados para maximizar em termos de produtividade com aplicação intensiva de agrotóxicos e fertilizantes sintéticos, e com expansão nas áreas de monocultivos, principalmente de soja, milho e cana-de-açúcar (FERNANDES, 2017; SAUER; LEITE, 2012). A difusão de sementes “melhoradas” serviu para deslegitimar e desprestigiar tecnicamente as sementes crioulas, referindo-se a elas como grãos e não sementes (PETERSEN *et al.*, 2013). Tal atitude, porém, não influenciou todas as formas de cultivos adotadas pela agricultura familiar, pelas comunidades tradicionais e pelos povos indígenas (FERNANDES, 2017).

Potencializar a agrobiodiversidade direcionando a capacidade tecnológica dos sistemas é mais apropriado para assegurar a produção de alimentos, seja em qualidade e quantidade suficiente em vez do uso massivo de sementes transgênicas (JACOBSEN *et al.*, 2013). A perpetuação das variedades locais, comumente chamadas de crioulas, é fruto do esforço e trabalho de agricultoras e agricultores familiares em propagar e cultivar suas sementes.

Dentre as opções de sementes crioulas existentes, algumas plantas olerícolas, como as abóboras, estão ameaçadas no Brasil, devido à sua substituição pelas cultivares híbridas (BARBIERI, 2012). Pertencentes à família *Cucurbitaceae*, as abóboras possuem inúmeros benefícios de ordem nutricional, alimentar e econômica, e apresentam múltiplas funcionalidades, desde alimentação humana e animal, proteção da germinação de plantas espontâneas, até a diversidade genética das espécies. É uma das mais relevantes das hortaliças-frutos, embora seu volume de produção ocupe a 52ª posição no Brasil, comparada a dados mundiais, com aproximadamente 41mil toneladas, área colhida de 88.203ha e produtividade média de 4,4t ha⁻¹ (BEZERRA *et al.*, 2020; HORA *et al.*, 2018).

Poucos estudos para a produção, colheita, pós-colheita e agroindustrialização dessas variedades são encontradas em pesquisas e na literatura acadêmica. Do material disponível atualmente e das experiências em campo, compreende-se que o cultivo de abóbora e seu uso em policultivos é uma forma de diversificar a produção nas propriedades agrícolas familiares, visto que contribuem com a autonomia das unidades de produção familiares e com a preservação da agrobiodiversidade dos seus sistemas. É fundamental que mais trabalhos explorem tal opção de cultivo, como é possível potencializá-la e difundi-la cada vez mais no território brasileiro.

A sociedade civil possui papel ímpar na transformação do modelo agrícola predominante, uma vez que ações, como o consumo consciente, podem contribuir para o desenvolvimento de cadeias curtas de consumo, levando à valorização da agricultura familiar e de variedades crioulas para a alimentação. A própria organização da sociedade em torno de tais questões são elementos fundamentais para avançarmos enquanto humanidade.

Neste sentido, entidades internacionais buscam promover práticas de manejo mais sustentáveis. Em 2015, ao declarar o ano internacional dos solos (FAO, 2015), a Organizações das Nações Unidas (ONU) destacou a importância das práticas conservacionistas do solo, tais como a retenção da umidade, a cobertura dos solos e a rotação de culturas. Em 2016, a ONU declarou o ano internacional das leguminosas e atribuiu a importância das qualidades nutritivas na alimentação mais sustentável ao uso dessas espécies nos diversos agroecossistemas, presentes nos cultivos de base alimentar (ONU, 2016), sejam eles em cultivos hortícolas, anuais, semi-perenes e perenes. Ambas reforçam o entendimento de que a biodiversidade do solo produz inúmeros serviços ecossistêmicos, que desempenham um papel significativo nas propriedades físicas, biológicas e químicas do solo, essenciais para seres humanos e ecossistemas (BREVIK *et al.*, 2015).

Para a melhoria do sistema de produção nas propriedades familiares de base ecológica, defende-se que os cultivos consorciados entre estas espécies associadas às plantas de adubação verde e ao húmus de minhoca podem ser benéficas. Os policultivos são caminhos produtivos para reverter o processo de insegurança e autonomia alimentar em agroecossistemas fragilizados que, quando conduzidos de forma eficiente, proporcionam melhoramentos desde manter em equilíbrio as populações de insetos indesejáveis até aumentar a produtividade por unidade de área (ALTIERI *et al.*, 2003).

A utilização de plantas de cobertura com a finalidade de depositar resíduos vegetais ao solo e servir como fonte de adubação verde é uma técnica que auxilia o manejo do sistema de produção, com potencial para os cultivos, sejam eles em consórcio ou em rotação de culturas (AMBROSANO *et al.*, 2016). A escolha da espécie de adubo verde é essencial para que sejam utilizadas as que são mais adequadas para cada tipo de clima, solo e sistema de produção (SANTOS; SEDIYAMA; PEDROSA, 2013). Entretanto, há a necessidade de ampliar o conhecimento sobre suas vantagens, limitações, seu potencial para a agricultura (WEZEL, 2014) e também seu uso como fonte de alimento para a população.

Adicionado a esta prática, agregando potencial do uso de adubos orgânicos produzidos nas propriedades, o uso de húmus com a presença dos ácidos húmicos e fúlvicos apresenta efeitos no aumento da germinação, maior enraizamento, melhoria de aspectos físicos e químicos do solo (TEIXEIRA, 2017; SCHIEDECK *et al.*, 2014). Dentre os diversos adubos orgânicos, destaca-se o húmus de minhoca, que é gerado por meio da degradação dos dejetos animais. É um adubo orgânico com características diferenciadas, rico em matéria orgânica, com baixa relação entre o carbono e nitrogênio (C:N) e facilmente assimilada pelas plantas devido à atividade de microrganismos presentes. Seu uso, inclusive, auxilia no aumento da diversidade de microrganismos no solo e constitui resiliência, um dos pontos-chaves na Agroecologia, pois é uma maneira de equilibrar o agroecossistema, gerando resistência às mudanças ambientais (PEREIRA; NETO; NÓBREGA *et al.*, 2013).

Mediante ao exposto acima, investigar o desempenho de determinadas espécies com a fertilização de húmus de minhoca em diferentes arranjos torna-se uma etapa fundamental de análise. Por isso, o objetivo deste estudo é avaliar o policultivo entre os adubos verdes e abóbora BRS Tortéi associados com húmus líquido de minhoca e seu efeito nas propriedades do solo. A hipótese formulada nesta pesquisa propõe que o emprego de distintos adubos verdes semeados e manejados com húmus líquido de minhoca pode contribuir nos aspectos químicos, físicos e biológicos do solo, promovendo a diversidade dos organismos edáficos, com ganhos no desempenho do policultivo.

2 Revisão de literatura

2.1. Agroecologia e agrobiodiversidade

O conhecimento agroecológico é construído na dinâmica social, envolvendo agricultores, camponeses, organização e movimentos sociais, buscando alternativa ao modelo agrícola dominante e baseado na alta produtividade, essencialmente para a exportação, e no uso de insumos industrializados propagados desde o início da Revolução Verde (OLIVEIRA; BOTELHO, 2017). A Agroecologia surge como uma emergência na base científica e no regaste popular para a prática dos conceitos e princípios ecológicos no redesenho dos sistemas agrícolas, a partir de 1980 com os propulsores Miguel Altieri e Stephen Gliessman, e a partir dos anos 2000, com a inserção da visão sociológica, cultural e política, juntos as dimensões ecológicas e técnicas com o sociólogo Sevilla-Guzmán (CASADO; MOLINA; GUZMÁN, 2000; MOREIRA; CARMO, 2004; SAMBUICHI *et al.*, 2017). Definida como:

A Agroecologia é uma ciência dialética mais que um conceito, transforma a agricultura vigente, muda a estrutura fundiária e os modelos agroquímico para uma posse mais equânime e de produção de base ecológica. (COSTA, 2020, p.540).

Atualmente, encontra-se em diferentes estágios no Brasil, com abordagem prática, ciência e movimento social, política governamental, modalidade de educação formal, nova profissão, modo de vida, ideologia e utopia¹ (NORDER, 2016; OLIVEIRA, 2017). Seus preceitos podem impulsionar a transição de um modelo agrícola homogêneo, focado em práticas exclusivamente econômicas, para processos holísticos em um sistema biodiverso de produção, com a valorização da

¹A Agroecologia ao reunir conhecimentos tradicionais e científicos no diálogo dos saberes, gera inovação tecnológica e prática, dialogando conjuntamente com as agricultoras e os agricultores, os movimentos sociais, a comunidade acadêmica e as organizações civis (TOLEDO; QUIROZ, 2019).

diversidade cultural e biológica, do resgate de variedades crioulas² e do conhecimento tradicional das populações locais (EMBRAPA, 2006).

Sabe-se que as monoculturas reduzem a biodiversidade dos agroecossistemas, principalmente os de base familiar, tornando-os vulneráveis à perda das características dos solos e ao ataque de insetos indesejáveis e doenças (SAMBUICHI *et al.*, 2012). A transição ecológica é importante para esta conversão de valores e formas, sem a padronização técnica, com mudança gradual das práticas agrícolas em sistemas sustentáveis (COSTABEBER; MOYANO, 2000).

O processo de transição agroecológica ocorre por meio da intervenção de vários atores que visam promover o desenvolvimento rural sustentável e gerar formas de produção e de consumo que visem à segurança e à soberania alimentar. Nesse sentido, a Agroecologia tem se tornado prática social relacionada à inserção de manejos agrícolas e de criação animal, transformando a vida dos agricultores, sobretudo daqueles que têm extensões pequenas de terra e que utilizam a capacidade de trabalho dos membros familiares, resgatando o cultivo de materiais crioulos com uso em diferentes formas nos sistemas agrícolas. Alguns destes materiais possuem relatos de superioridade em termos produtivos, práticas de manejo pouco ou nada dependentes de insumos externos e maior adaptação a plantios consorciados (SILVA *et al.*, 2011; ARAÚJO *et al.*, 2011).

Conjunto a este processo, a diversidade agrícola, ou agrobiodiversidade, componente essencial dos sistemas sustentáveis na agricultura, visto que abarca todos os elementos e suas interações na produção agrícola, bem como dispõe no entendimento da opção do uso de sementes, indo além das características agrônômicas de escolha e inserindo aspectos de ordem socioculturais, ambientais e econômicas (SANTILLI, 2012).

²“Cultivar local, tradicional ou crioula: variedade desenvolvida, adaptada ou produzida por agricultores familiares, assentados da reforma agrária ou indígenas, com características fenotípicas bem determinadas e reconhecidas pelas respectivas comunidades e que, a critério do MAPA, considerados também os descritores socioculturais e ambientais, não se caracterizem como substancialmente semelhantes às cultivares comerciais”. (art. 2º, XVI, Lei nº 10.711/2003)

2.2. Práticas agrícolas nos agroecossistemas familiares de base ecológica

Uma das práticas agrícola que agrega benefícios aos sistemas produtivos nas unidades familiares de base ecológica é o cultivo de espécies em consórcio ou policultivos, forma comum e direta de elevar a diversidade de um agroecossistema (GLIESSMAN, 2001). A interação entre as espécies do policultivo em um ambiente dinâmico aproveita de forma ecológica os recursos naturais do agroecossistema, como o solo, a água, a luz e a interação entre os organismos edáficos. Neste sentido, deve-se atentar para o viés agroecológico no arranjo das espécies, no tempo e no espaço, alternando diferentes famílias botânicas. Em relação ao planejamento do sistema de produção, junto à técnica utilizada, é possível estimular os processos ecológicos nas propriedades, como também resultar em oportunidades de renda aos agricultores familiares (AMADO *et al.*, 2014). Estudos apontam para o maior aporte de matéria orgânica resultante desta técnica, desenvolvendo, também, proteção do solo contra ação climática (CRUZ *et al.*, 2014).

Os cultivos consorciados proporcionam estabilidade da produção sob condições ambientais adversas, uso eficiente de recursos, diversidade biológica, potencial controle de insetos indesejáveis e doenças (BIABANI, 2009) e podem ser a melhor estratégia em sistemas de base ecológica. Entretanto, o arranjo espacial utilizado é extremamente importante, com base nas observações do local, respeitando as características regionais e aumentando a capacidade de regeneração do sistema, componente fundamental das pequenas propriedades agrícolas e dos sistemas agrícolas presentes (VEIGA SILVA; COMIN, 2013).

Outros benefícios são observados com o policultivo em vez do cultivo solteiro, atuando na proteção vegetativa do solo contra a erosão e controle das plantas espontâneas (DEVIDE *et al.*, 2009), assim como a diversificação das fontes de renda do produtor (ALVES *et al.*, 2009). Entretanto, as produtividades nas várias modalidades desse sistema de produção estão sujeitas à interação de diversos aspectos técnicos, como a densidade populacional, a distribuição espacial das cultivares utilizadas e as complexas relações ecológicas, como a interação genótipo-ambiente (VIEIRA, 2005).

Diversas espécies podem ser utilizadas nos policultivos, como culturas alimentares associadas às plantas de cobertura de solo (SOUZA; RESENDE, 2003).

A associação de planta de diferentes famílias botânicas com sistemas radiculares distintos é extremamente benéfica, pois há potencial para a ciclagem de nutrientes, supressão de plantas espontâneas, superando as limitações de produção de biomassa e de disponibilidade de nitrogênio para as culturas sucessoras (PITOL *et al.*, 2006; WILDNER, 2014). A finalidade é aperfeiçoar a área de plantio, evitar a competição entre os adubos verdes e a cultura principal, adequando os ciclos para a produção de biomassa, no aporte de nitrogênio e nutrientes dentro da lavoura ao mesmo tempo em que se colhe a cultura rentável (RIBAS *et al.*, 2002; CASTRO *et al.*, 2004).

Tanto as leguminosas quanto as gramíneas, quando consorciadas, podem determinar a combinação de resíduos necessários para a proteção do solo (BORTOLINI; SILVA; ARGENTA, 2000), bem como para a mineralização do nitrogênio (N) através da fixação biológica e da atividade dos microrganismos. A decomposição dos adubos verdes pode ser variável dependendo da espécie, das condições climáticas e do tipo de cultivo, e do consórcio com espécies alimentares locais como, por exemplo, a abóbora.

2.2.1. Abóbora de origem crioula nos sistemas de base familiar ecológica

Cultivadas em todo o território brasileiro, as abóboras possuem importância na alimentação humana, presentes em nossa dieta desde os tempos remotos por possuírem características desejáveis quanto à composição nutricional, propriedades medicinais, versatilidade na culinária (textura, sabor e tempo de cozimento curto), além de alto potencial produtivo, rusticidade e precocidade (AMARO *et al.*, 2014; BEZERRA *et al.*, 2020; SANTOS *et al.*, 2012; RAVANI; JOSHI, 2014).

As abóboras são plantas alógamas, apresentando elevada heterogeneidade, com germinação de 7 a 14 dias e ciclo de cultivo, em média, entre 130 e 150 dias, dependendo das condições ambientais e da variedade utilizada (FILGUEIRA, 2008). As espécies de cucurbitáceas são altamente dependentes da polinização das abelhas para a produção dos frutos.

O ponto de colheita dos frutos seja específico para cada variedade, na prática, ele é identificado quando existe resistência à penetração da casca e os

frutos mostram o pedúnculo seco. A colheita deve ser feita com os frutos completamente maduros, para garantir a sua durabilidade (FISCHER, 2012).

O fotoperíodo com dias mais curtos favorece a produtividade, pela formação de mais plantas femininas do que masculinas, desde que o campo tenha uma polinização adequada (HORA *et al.*, 2018). O período de plantio compreende de outubro a dezembro, com colheita até maio, devido a geadas que ocorrem na região Sul.

O gênero *Cucurbita* possui seu centro de origem nas regiões tropicais das Américas, possuindo variabilidade de espécies e engloba a abóbora-de-Tortéi, *Cucurbita máxima* Duchesne, cultivada principalmente pelos índios Guaranis (LIRA SAADE *et al.*, 2009). Outras espécies como a moranga (*Cucurbita maxima*), a abobrinha ou jerimum (*Cucurbita pepo* L.) são amplamente cultivadas em pequenas propriedades (HORA *et al.*, 2018).

Uma infinidade de variedades com diversas finalidades (alimento, forrageiras ou ornamentais) pertencem a cinco espécies domesticadas de abóboras cultivadas no Brasil, sendo a *Cucurbita maxima* uma dessas espécies, encontradas em pequenas propriedades de subsistência ou em cultivos comerciais (HEIDEN; BARBIERI; NEITZKE, 2007). As cultivares oriundas de variedades crioulas carregam o patrimônio genético e representam com seu nome e uso a cultura local (BARBIERI, 2012). O Rio Grande do Sul conserva uma diversidade genética local deste gênero, devido aos indígenas e descendentes africanos, alemães, espanhóis, japoneses, poloneses, portugueses e italianos, influenciando nos cultivos de uma gama de cultivares crioulas, conservando variabilidade genética e a diversidade de espécies (HEIDEN; BARBIERI; NEITZKE, 2007; VALDULGA, 2017).

Pela sua numerosa variabilidade genética externa (formato, cor, textura, dureza da casca), a *C. maxima* é responsável pela diversidade de nomes: abobobrinha, abóbora, abobrinha, abóbora de tronco redonda, abóbora crioula, abóbora-de-Tortéi, abóbora-cogumelo, abóbora-coração-de-boi, abóbora gaúcha, moranga e moranga-de-bunda (HEIDEN; BARBIERI; NEITZKE, 2007). Geralmente, a mais conhecida desta variedade é a moranga.

A abóbora-de-Tortéi³, uma das cultivares da *C. maxima*, está intimamente ligada ao fato de locais onde a colonização italiana está presente, apresentando frutos de grande variabilidade genética para formato, cor, textura e dureza da casca (HEIDEN; BARBIERI; NEITZKE, 2007).

A cultivar BRS Tortéi foi desenvolvida e cadastrada no Registro Nacional de Cultivares, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (RNC/MAPA) pela Embrapa Clima Temperado. Desenvolvida a partir de espécies crioulas, evoluindo conforme o manejo utilizado pelos agricultores (FERNANDES, 2017), a cultivar citada acima apresenta frutos pequenos, alta produtividade e durabilidade pós-colheita de mais de 12 meses. A época de plantio no Sul do país é de setembro a novembro (PRIORI *et al.*, 2018).

2.3. Processos biológicos no manejo do solo de base ecológica

A agricultura familiar de base ecológica demanda inúmeros processos para o seu sustento e perpetuação. Observar, escolher e colocar as práticas em seu manejo produtivo é uma busca diária e inacabável. O solo necessita da vida para que seus processos sejam potencializados; desta forma, ações conjuntas devem ser utilizadas, a fim de promover as funções ecológicas do solo.

O solo possui complexidade em suas relações, com ampla biodiversidade, constituindo um recurso natural renovável, vivo e dinâmico, além de ser habitat para diversos organismos nos ecossistemas que hospeda. Diversos estudos abordam a complexidade na interação entre microrganismos decompositores, plantas e macrofauna edáfica, evidenciando o papel regulatório dos processos de decomposição e ciclagem de nutrientes do solo e suas respectivas alterações na estrutura e no funcionamento do solo (WU; WANG, 2019).

O manejo do terreno e suas práticas constituem alterações no ecossistema. A partir da década de 1990, o papel das atividades biológicas no manejo ganhou ênfase com práticas que incrementam ou potencializam a microbiota dos solos sobre

³O tortéi nasceu na Lombardia, sendo conhecido como tortelli, e foi trazido ao Brasil pelos italianos. É um tipo de massa de macarrão recheado com abóbora, encontrado nos jantares da família, nas festas de comunidades, nas mesas das famílias de descendência italiana e nos restaurantes.

a fertilidade do solo (SEDIYAMA; SANTOS; LIMA; 2014). Estes mesmos autores citam que, para manejar o solo do ponto de vista ecológico, os recursos naturais e as atividades biológicas devem ser melhorados ou mantidos, assim como à fertilidade do solo.

A biodiversidade do solo abarca todas as variedades de vida que habitam acima e abaixo deste, variando de tamanho de micro-nichos para paisagens inteiras (OLIVEIRA FILHO; BARRETA; SANTOS 2014). A perpetuação da comunidade biológica do solo depende da quantidade e da diversidade química dos resíduos. Os organismos da mesofauna, juntamente com a micro e macro biota, são responsáveis pelos processos de decomposição e mineralização da matéria orgânica, além de regulação da ciclagem de nutrientes, agregação do solo e controle do meio biológico, explicitando diretamente a qualidade do solo (TIEMANN *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2018).

A utilização de recursos locais, como o uso de coberturas verdes para auxiliar na ciclagem de nutrientes em culturas sucessoras e na produção própria dos fertilizantes orgânicos, traz inúmeras vantagens. Dentre elas, destaca-se a redução de gasto, já que o agricultor não precisa comprar insumos agrícolas externos para a produção (TRANI *et al.*, 2013), levando a autonomia dos sistemas agroecológicos.

Existem inúmeros processos que podem auxiliam os agricultores familiares nos seus cultivos. Desde os primórdios da humanidade, inclusive, práticas de incorporação de material verde ou orgânico são utilizadas no cultivo de vegetais. No presente estudo, dois deles foram utilizados - a adubação verde e o húmus de minhoca, com a finalidade de manejar e incrementar vida aos solos e, conseqüentemente, aos cultivos subsequentes.

2.3.1. Uso de plantas de cobertura e adubação verde

A adubação verde promove melhorias no aspecto físico, químico e biológico do solo com a utilização de plantas antecedendo os cultivos comerciais, levando ao aumento da matéria orgânica do solo, constituindo agregados estáveis e retenção de água no sistema (WOLSCHICK, 2014). A partir dos estudos de René Piamonte Peña, no Instituto Biodinâmico, em Botucatu, a adubação verde tem sido empregada

nas propriedades agrícolas para recuperação natural dos solos degradados e empobrecidos e na conservação dos que já são produtivos (TEODORO *et al.*, 2017; KHATOUNIAN, 2001).

A adubação verde adiciona massa vegetal não decomposta de espécies de plantas cultivadas especificamente para este fim, manejadas antes de completar seu ciclo vegetativo. Dentre as inúmeras possibilidades, as leguminosas são escolhidas por serem capazes de fixar nitrogênio direto da atmosfera pela relação ecológica com micro-organismos, a qual é denominada simbiose. A *Crotalaria juncea* e da *Mucuna aterrina*, por exemplo, são espécies de verão que podem fixar de 150 a 250kg ha^{-1} e 120 a 210kg ha^{-1} respectivamente (MATEUS; WUTKE, 2006).

A adubação verde apresenta efeitos benéficos sobre aspectos químicos, físicos e biológicos dos solos (FERREIRA *et al.*, 2011; CUNHA *et al.*, 2012; FERREIRA; MARTIN-DIDONET, 2012). Contribui para as culturas consorciadas ou em sucessão com N fixado biologicamente (OVALLE *et al.*, 2010) e com outros nutrientes contidos na biomassa (FIDALSKI; CHAVES, 2010; VILELA *et al.*, 2011).

Algumas espécies de adubos verdes são promissoras para a prática da adubação verde devido a sua rusticidade, desenvolvimento vegetativo eficiente e adaptabilidade a solos com baixa fertilidade; como exemplo, citamos a crotalária juncea (*Crotalaria juncea* L.), o feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* (L.) DC e a mucuna-cinza [*Mucuna cinere* (Piper & Tracy)](PEREIRA; BURLE; RESCK, 1992; DEDINI, 2012). A crotalária, especificamente, possui boa capacidade de fixar N do ar e crescimento inicial ligeiro, contribuindo para a nutrição da cultura subsequente (MATEUS; WUTKE, 2006).

Outras espécies vegetais também podem trazer vantagens ao sistema. As gramíneas, por possuírem imobilização temporária do N em sua biomassa, podem amenizar as perdas deste nutriente ao solo(ANDREOLA *et al.*, 2000). Dentre elas está o milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.), que possui ampla adaptabilidade a diferentes solos e a sistemas de cultivo (PADOVAN *et al.*, 2011).

As leguminosas apresentam uma relação C:N menor que 20, facilitando a decomposição e a mineralização dos nutrientes com mais rapidez (RIBEIRO JÚNIOR; RAMOS, 2006). Com base em estudos de Ferreira *et al.* (2011), as gramíneas apresentam uma baixa relação C:N em comparação com a leguminosas, determinando diferença no que diz respeito ao tempo de decomposição do material vegetal deixado na superfície ou incorporado ao solo, para a disponibilização dos

nutrientes às plantas. De modo geral, as leguminosas possuem menor relação C:N, levando a uma degradação da massa vegetal mais acelerada. As gramíneas também ficam mais tempo em contato com o solo, pois a sua degradação é mais dificultada devido a maior relação C:N. Desta forma, a escolha de espécies deve ser em relação ao objetivo, seja cobertura de solo ou disponibilização de nutrientes.

Levando em consideração o exposto, entende-se que a adubação verde é uma das alternativas ao uso intensivo dos adubos nitrogenados nos cultivos agrícolas, já que o custo com fertilizantes sintéticos representa boa parte dos gastos fixos dos cultivos agrícolas e acaba prejudicando a biodiversidade do solo. Esse alto nível de investimento pode inviabilizar a atividade agrícola para alguns agricultores, tornar-se menos atrativa. As espécies de adubos verdes utilizadas neste trabalho estão descritas a seguir.

2.3.1.1. Crotalária (*Crotalaria juncea*)

O gênero *Crotalaria* (C) pertence à família *Fabaceae* com mais de seiscentas espécies, distribuídas nas zonas tropicais e subtropicais (FLORES; MIOTTO, 2005). De acordo com Mateus; Wutke (2006), a crotalária é originária da Índia, sendo classificada como uma planta anual, de clima tropical e subtropical (intolerante a geadas), semi-arbustiva, que possui crescimento ereto, com ciclo até o florescimento de 90 a 120 dias, podendo atingir de 3,0 a 3,5m de altura. Além disso, apresenta potencial de crescimento rápido e produção de matéria seca em torno de 15 a 20t ha⁻¹, com efeitos alelopáticos e/ou supressores às plantas espontâneas, com valores de fixação de nitrogênio variando entre 150 a 165kg ha⁻¹ano, havendo registro de até 450kg ha⁻¹(WUTKE; CALEGARI; WILDNER, 2014).

Uma das mais utilizadas como adubo verde nos sistemas de cultivos agrários, em consórcios ou sucessão de cultivos, é a *Crotalaria juncea* (L). Ela está em diversos sistemas de consórcio com café, cana-de-açúcar e fruteiras, ou com plantas anuais, em plantios por ocasião de maturação fisiológica da cultura principal, como o milho, arroz e sorgo, sendo amplamente empregada no Brasil (BALIEIRO *et al.*, 2013;WUTKE,CALEGARI; WILDNER, 2014).

2.3.1.2. Feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* DC)

Chamado também de feijão-bravo ou fava brava, é uma leguminosa anual ou bianual ereta, herbácea, crescimento determinado lento de 0,60 a 1,2m de altura, com folhas verdes de coloração escura, flores grandes de cor violácea ou roxa, vagem achatada, larga e comprida (20cm ou mais). Todas as vagens contêm de 4 a 18 sementes grandes, de cor branca e hilopardo (LOPES, 2000) e, mesmo durante longos períodos secos, mantêm suas folhas verdes (CALEGARI *et al.*, 1993).

Como leguminosa, constitui uma fonte rica para adubação verde e cobertura do solo, favorecendo o seu cultivo em consórcio nas entrelinhas da cultura ou em sucessão a outras culturas (LOPES, 2000). Dentre as principais características da planta, destacam-se o rápido crescimento e a alta capacidade na ciclagem de nutrientes, fato que favorece a adoção da cultura como adubo verde.

2.3.1.3. Mucuna-cinza (*Mucuna cinerea* Piper & Tracy)

Planta anual com hábito de crescimento indeterminado rasteiro, ramos trepadores, crescimento inicial rápido e vigoroso, atingindo altura de 1,0 a 1,5m, podendo fixar até 130kg ha^{-1} (COBO *et al.*, 2002). Também é resistente à seca como o feijão-de-porco e o milheto, sendo adaptada aos solos ácidos (CALEGARI, 1992; WUTKE, 1993). Pertence ao gênero *Mucuna* spp, o qual se destaca pelas características agronômicas desejáveis, como rápido crescimento, produção elevada de biomassa verde, decomposição rápida, como também pela diminuição da multiplicação de nematóides (BUENO *et al.*, 2007).

No estudo de Ambrosano *et al.* (2016), avaliando a biomassa verde e seca, os macronutrientes, a relação C:N e fixação biológica de nitrogênio, bem como seus atributos no solo, a mucuna-cinza não diferiu na produtividade das outras três mucunas (preta, anã e verde), revelando a recomendação de seu uso para adubação verde.

2.3.1.4. Milheto (*Pennisetum glaucum*)

Esta espécie vegetal tem importância mundial e é bem difundida no Brasil, pelo seu desenvolvimento em áreas secas e de baixa fertilidade, mantendo a capacidade de fornecer alimento humano e animal em condições adversas. É uma gramínea anual de verão do tipo C4, originária da África/Ásia, pertencente ao clima tropical semi-árido; possui resistência à seca, sendo uma forrageira com cultivo realizado, principalmente, em sistemas mais avançados de produção animal (ALTAMMN, 2010).

Em torno de 4000 a 5000 anos, o milheto foi domesticado no oeste da África (PEREIRA FILHO *et al.*, 2003). Apresenta rápido crescimento, com a duração entre 75 a 120 dias seu ciclo, estabelecimento produtivo a campo, mesmo em período de estiagem, persistindo a palhada em relação às leguminosas. Possui relação C:N elevada, com 14t ha⁻¹ pela produção de biomassa, com eficiência na ciclagem de 205kg ha⁻¹ de N e 215kg ha⁻¹ de K (CRUSCIOL; SORATTO, 2009).

2.3.2. Húmus de minhoca

O húmus é o processo de conversão de material orgânico (esterco, dejetos, chorume) em adubo orgânico, rico em substâncias húmicas e fúlvicas, presença de elevada concentração de microrganismos, de minerais como o nitrogênio, potássio, fósforo, ferro, entre outros, importantes na síntese de hormônios de crescimento das plantas (SILVA *et al.*, 2019).

O húmus de minhoca libera moléculas análogas aos fito-hormônios, levando a um maior crescimento das plantas; possui pH próximo de 7,0 e disponibiliza de forma gradual os nutrientes ao solo, reduzindo a acidez (BERTRAND *et al.*, 2015; MORSELLI, 2009; BURG; MAYER, 2009). O húmus estimula o desenvolvimento e participa de processos bioquímicos em substâncias fitoprotetoras e fito-hormonais, como auxinas, citocininas e giberelinas (ZHANG *et al.*, 2015).

O húmus de minhoca possui potenciais químicos, físicos, e biológicos capazes de dar vida ao solo, possuindo composição rica em nutrientes e ácidos orgânicos que estimulam o crescimento das plantas, bem como ode microrganismos, auxiliando os processos biológicos do solo (SCHIEDECK *et al.*, 2008).

O composto atua como um bioestimulante da disponibilidade de nitrogênio e fósforo através da melhoria da fixação biológica de nitrogênio e solubilização do fósforo, além de aumentar a biodiversidade e a atividade da população microbiana no solo.

Apesar dos diversos benefícios, citados acima, o grande volume de aplicação de húmus sólido se torna um ponto negativo do seu uso. Dessa forma, o húmus líquido é uma opção viável para a adubação orgânica, pois, além de ser utilizado em melhor quantidade, pode ser associado ao sistema de irrigação (ECHER, 2016). A solução obtida pela diluição do húmus sólido em água carrega nutrientes minerais e ácidos orgânicos que estimulam o crescimento e do desenvolvimento das plantas (ARTEAGA *et al.*, 2007), com potencial de uso nos cultivos.

3 Material e métodos

3.1. Histórico da área experimental

Anteriormente à execução do experimento, a área foi cultivada com os seguintes adubos verdes: crotalária (*Crotalaria juncea*L.), mucuna-preta (*Mucuna aterrima* Piper et Tracy Holland); milheto (*Pennisetum americanum*), todos associados à aplicação de húmus líquido. Essas são estratégias técnicas que potencializam os sistemas de produção de base ecológica na capacidade do solo em exercer funções no agroecossistema.

Seis meses após o cultivo desses adubos verdes associados ao uso de húmus líquido, foi implantado um sistema de policultivo tipo MILPA na mesma área, semeando abóbora, feijão e milho nas parcelas manejadas. Utilizou-se grade niveladora para avaliar o efeito residual dos adubos verdes no desenvolvimento dos cultivos. Contudo, a baixa germinação das sementes de milho (64%), feijão (51%) e a estiagem inviabilizaram o prosseguimento do trabalho nesse formato.

Tendo em vista as dificuldades do desenvolvimento do sistema MILPA (baixa germinação das sementes de milho e feijão, pH ácido da solução do solo, estiagem e outras condições ambientais) foi tomada a decisão de continuar apenas com o cultivo da abóbora, pois o transplântio de mudas indicava um menor risco de perdas, consorciadas com os adubos verdes associados ao uso de húmus de minhoca.

3.2. Área experimental

O trabalho foi realizado no período de setembro de 2017 a fevereiro de 2018, em uma área de 0,4ha na Estação Experimental Cascata (EEC), Embrapa Clima

Temperado, Pelotas, Rio Grande do Sul, localizada em 31°37'S e 52°31'W e aproximadamente 180m de altitude (Figura 1).



Figura 1. Estação Experimental Cascata (EEC). No detalhe a área utilizada no trabalho. Fonte: GOOGLE EARTH, 2017.

Segundo a classificação de Köppen, o clima é do tipo Cfa, com chuvas bem distribuídas ao longo do ano e a incidência de verões quentes (WREGE *et al.*, 2012). O solo foi classificado dentro do relevo terras onduladas como Argissolo vermelho-amarelo distrófico e a vegetação caracterizada pela floresta estacional semidecidual e estepe secundariamente (CUNHA; SILVEIRA; COSTA, 2017).

Algumas plantas espontâneas foram verificadas nas áreas, as quais foram observadas: buva (*Conyza bonariensis* L), capimannoni (*Eragrotis plana* Nees), flor roxa (*Echium plantagineum* L), guaxuma (*Sida rhombifolia* L.), grama seda (*Cynodon dactylon* (L.) Pers), mal-me-quer (*Coleoste phusmyconis* (L.) Cass), picão-preto (*Bidens pilosa* L.), tanchagem (*Plantago tomentosa* Lam.), dentre outras (Apêndice D).

3.3. Implantação e condução do experimento

Em junho de 2017, as parcelas foram reorganizadas, e os adubos verdes foram ressemeados nas mesmas parcelas, com a substituição da área de vegetação

espontânea por feijão-de-porco (*Canavalia ensiformes*) e da mucuna-preta pela mucuna-cinza. O preparo da área para a instalação do experimento foi realizado com duas passadas de grade de disco. Os adubos verdes, da família Fabaceae (*Crotalaria juncea* L., *Canavalia ensiformis* DC e *Mucuna cinérea* Piper & Tracy) e da família Poaceae (*Pennisetum americanum*) foram semeados de forma mecanizada com a plantadeira EICKHOFF ESG-511, com espaçamento entre linhas de 0,45m com as densidades descritas na Tabela 1.

A dose de húmus de minhoca utilizada neste experimento foi de 1t ha⁻¹, em base de matéria seca, na aplicação da forma líquida em diluição de 10%, o qual foi colocado duas semanas após a semeadura dos adubos verdes, no dia 10 de dezembro de 2017 (Tabela 1). Utilizou-se 480kg de matéria seca de húmus sólido, 24kg por parcela, correspondendo a 75L na parcela útil (60m²).

Estes adubos verdes foram escolhidos por serem espécies pouco cultivadas na região (exceto o milho e crotalária), mas que possuem potencial de biomassa verde favorável aos atributos do solo e aos cultivos, mencionados na revisão de literatura.

Tabela 1 – Representação dos tratamentos do experimento. Embrapa Clima Temperado, 2017.

Variável	Tratamento	Densidade
Espécies de adubos verdes	Crotalária (<i>Crotalaria juncea</i> L.)	25kg ha ⁻¹
	Milho (<i>Pennisetum glaucum</i> L.)	20kg ha ⁻¹
	Mucuna-cinza (<i>Mucuna cinerea</i>)	80kg ha ⁻¹
	Feijão-de-porco (<i>Canavalia ensiformes</i>)	100kg ha ⁻¹
Doses de Húmus* (massa seca)	0t ha ⁻¹	-
	1t ha ⁻¹ *	-

* Doses aplicadas na semeadura (75L em 60m²).

O delineamento experimental da área foi o de blocos ao acaso com 4 repetições, em esquema fatorial 4 x 2, com as espécies de adubo verde na parcela e os níveis de fertilização (com e sem húmus líquido) na sub-parcela. Cada unidade experimental tinha 8m de largura por 10m de comprimento.

A parcela útil era composta por 60m², onde 40m² estavam os adubos verdes e 20m² continha as plantas de abóbora sob canteiros, com a influência da aplicação do húmus líquido.

A coleta para determinação de massa fresca e massa seca dos adubos verdes foi realizada após 90 dias da semeadura dessas plantas, no dia 23 de janeiro de 2018. Somente o milho estava na fase reprodutiva do desenvolvimento, e a

crotalária apresentava abertura de aproximadamente 50% das flores. As demais encontravam-se no estágio vegetativo de crescimento.

Foram coletadas amostras compostas do solo para cada tratamento e encaminhadas para análise de rotina no Laboratório de Análise de Solos da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas (Tabela2).

Vale ressaltar que nenhuma correção da acidez e manejo fitossanitário para manejo de insetos indesejáveis e doenças foi realizado antes e durante a condução do experimento.

Tabela2. Atributos químicos e físicos do solo na camada 0-20cm no momento de implantação do experimento nas parcelas com as plantas de cobertura. UFPEL, Pelotas/RS, jul.2017.

		Crotalária		Milheto	
		Controle	Húmus líquido	Controle	Húmus líquido
pH	água 1:1	4,80	4,83	4,90	4,93
MO	% (m/v)	2,49	2,28	1,93	2,14
P-Mehlich	mg dm ⁻³	23,00	11,50	4,20	5,23
K	mg dm ⁻³	0,28	0,18	0,21	0,19
Ca	cmol _c dm ⁻³	3,00	2,85	2,70	3,00
Mg	cmol _c dm ⁻³	1,20	0,98	0,90	0,98
Na	mg dm ⁻³	17,00	12,25	13,00	11,75
Ca/Mg	-	2,50	2,91	3,00	3,08
Ca/K	-	10,71	16,21	12,86	16,01
Mg/K	-	4,29	5,61	4,29	5,23
Al	cmol _c dm ⁻³	0,60	0,85	0,60	0,75
H+AL	cmol _c dm ⁻³	4,90	4,18	4,90	4,80
CTC efetiva	cmol _c dm ⁻³	5,20	4,93	4,50	4,95
Sat Bases	%	48,00	49,00	44,00	47,00
Argila	% (m/v)	28,00	22,75	28,00	27,00
		Mucuna-cinza*		Feijão-de-porco*	
		Controle	Húmus líquido	Controle	Húmus líquido
pH	água 1:1	4,90	4,83	4,90	5,05
MO	% (m/v)	1,93	2,25	2,76	2,49
P-Mehlich	mg dm ⁻³	47,10	9,68	10,50	8,38
K	mg dm ⁻³	0,18	0,17	0,17	0,20
Ca	cmol _c dm ⁻³	2,60	2,70	3,30	3,13
Mg	cmol _c dm ⁻³	0,70	0,75	1,00	1,00
Na	mg dm ⁻³	10,00	10,00	11,00	10,50
Ca/Mg	-	3,71	3,60	3,30	3,13
Ca/K	-	14,44	16,11	19,41	15,66
Mg/K	-	3,89	4,44	5,88	5,01
Al	cmol _c dm ⁻³	0,60	0,68	0,50	0,53
H+AL	cmol _c dm ⁻³	3,50	3,93	3,50	3,83
CTC efetiva	cmol _c dm ⁻³	4,10	4,33	5,00	4,88
Sat Bases	%	50,00	48,25	56,00	53,50
Argila	% (m/v)	21,00	22,00	25,00	23,75

*Unidades experimentais anteriormente ocupadas por vegetação espontânea (pousio). Legenda: pH em água 1:1; Ca, Mg e Al trocáveis extraídos com KCl 1 mol L⁻¹; CTC a pH 7,0; MO: matéria orgânica; argila determinada pelo método do densímetro; P,K e Na determinados pelo método de Mehlich I.

3.4. Abóbora de origem crioula

A escolha da variedade das sementes de abóbora utilizada neste experimento foi a *Cucurbita maxima* Duchesne variedade BRS Tortéi, doadas pela Rede de Sementes Agroecológicas Bionatur uma espécie de origem crioula, com características desejáveis a produção familiar de base ecológica, conforme descrita na revisão bibliográfica. As sementes da abóbora, *Cucurbita maxima* Duchesne variedade BRS Tortéi, doadas pela Rede de Sementes Agroecológicas Bionatur, e foram semeadas no dia 27 de setembro de 2017, em bandejas de poliestireno expandido de 72 células contendo o substrato comercial Terra Fértil e húmus de minhoca, na proporção de 4:1 (v/v). Para produção das mudas, as bandejas foram irrigadas manualmente. Em 25 de outubro, as mudas foram transplantadas para o campo - no mesmo dia da semeadura dos adubos verdes, quando as mudas apresentavam de 3 a 4 folhas verdadeiras.

O transplântio da abóbora (432 mudas) foi realizado com o auxílio de uma plantadeira manual (saraquá) de mudas, cultivando em duas linhas, com espaçamento de 2m entre plantas, 1,5m entre linhas e 0,5m entre os adubos verdes. Após duas semanas do transplântio, foi feita a capina nas linhas de abóbora para auxiliar no desenvolvimento desta cultura. Pela extensão da área, e difícil acesso a reservatório de água, não houve a instalação de sistema de irrigação.

A abóbora Tortéi foi colhida no dia 21 de fevereiro, após 120 dias do transplântio. O ponto de colheita foi definido quando o pedúnculo estava seco, as folhas e ramos amareladas, e a casca dura, resistente à penetração da unha.

3.5. Coleta da fauna edáfica

Para a coleta da fauna edáfica foram instaladas as armadilhas de queda tipo Pittfall, com o uso de recipientes plásticos de 350mL, preenchendo 1/3 do volume com álcool 70%, colocados em 4 pontos equidistantes de 2 metros ao longo do transecto, por um período de uma semana, de acordo com Morselli (2009).

No laboratório da EEC, com auxílio de uma lupa binocular, procedeu-se a identificação e contagem dos organismos, em nível de ordem. O número de indivíduos, abundância e a riqueza foram obtidos pela contagem do número de indivíduos e pelo número de ordens, respectivamente, presentes na coleta da fauna edáfica, na profundidade 0-20cm.

Abaixo, a Figura 2 representa uma visão da condução do experimento.

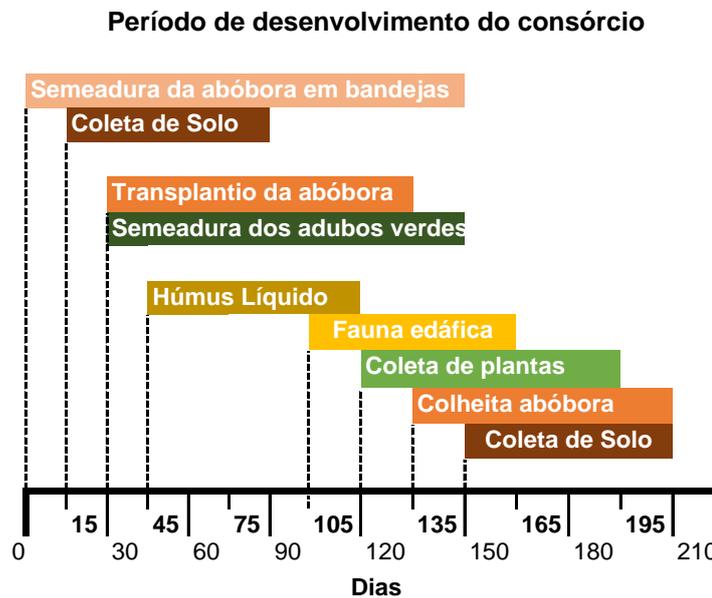


Figura 2 - Condução do experimento por dias de desenvolvimento do consórcio entre os adubos verdes e a abóbora crioula. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017.

3.6. Produção de húmus sólido e líquido de minhocas

Para a produção do húmus sólido de minhoca, foi utilizado esterco bovino proveniente do galpão dos adubos orgânicos da EEC, da ETB, através de minhocas da espécie *Eisenia Andrei Bouché (1972)*, conhecida como vermelha da Califórnia. Com avaliação diária do húmus, as amostras foram enviadas ao laboratório de análises da UFPel, apresentando as características químicas e físicas do húmus sólido de minhocas (Tabela 3); o valor médio da densidade era de 0,60g cm⁻³ com umidade a 70% e sólidos voláteis de 31,46%.

Tabela 3. Atributos físicos e químicos do húmus sólido utilizado na produção do húmus líquido. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2017. Fonte: Amanda, 2017.

N	P	K	Ca	Mg	S	Na
----- g kg ⁻¹ -----						
18,35	3,24	10,32	5,16	4,04	3,34	1,25
Cu	Zn	Fe	Mn	Umidade		C
----- mg kg ⁻¹ -----				pH	----- % -----	
20,32	66,60	1432,96	591,29	5,37	30,10	24,72

Para produção de húmus líquido foram utilizadas duas caixas d'água de polietileno com capacidade para 500 litros (Figura 3), sendo 192 kg, em base de massa seca adicionados em cada caixa. Um tecido de Voile, para reter as partículas do húmus sólido foi colocado dentro dos recipientes para filtrar as partículas sólidas do húmus. A aeração do líquido formado ocorreu de forma ininterrupta por 24 horas, com o auxílio de um compressor de ar marca Resun®, modelo ACO-003 (EDWARDS; ARACON; SHERMAN, 2010), com adaptação de seis mangueiras, sendo três destas com a presença de pedra porosa na extremidade, distribuindo 31,5L de ar por minuto.



Figura3 – Produção do húmus líquido. (A) Tecido Voile utilizado como filtro para o material; (B) Material sólido colocado na caixa d'água; (C) Processo de aeração do húmus líquido. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2016/2017. Fonte: Jandrey, 2019.

3.7. Variáveis analisadas

3.7.1. Avaliações Fitotécnicas

3.7.1.1. Massa vegetal fresca e secados adubos verdes

As avaliações da massa vegetal foram realizadas por meio do corte de 0,25 m² da área útil da parcela. A amostra da massa fresca foi pesada logo após o corte, procedendo à secagem em estufa a 65°C, até peso constante, para obtenção da massa seca.

3.7.1.2. Massa fresca e diâmetro dos frutos da abóbora

Os frutos foram colhidos na área útil das parcelas. Foi realizada a contagem do número de frutos, a medida do diâmetro médio e a massa fresca de cada fruto. Os resultados do número e massa dos frutos foram expressos em kg ha⁻¹.

O diâmetro médio dos frutos foi obtido a partir de duas medidas transversais com auxílio de paquímetro digital.

3.7.2. Atributos do solo

Atributos do solo, pH, condutividade elétrica, densidade, nitrogênio e identificação da fauna edáfica, foram coletadas após o manejo das plantas de adubação verde e antes da colheita da abóbora, após 100 dias da semeadura de ambas, na profundidade de 0-20 cm.

3.7.2.1. Densidade do solo (Ds)

A densidade do solo foi determinada por meio da relação massa/volume, através de coleta de uma amostra indeformada em anel volumétrico. A amostra foi levada a estufa a 105°C, por aproximadamente 24 horas, até peso constante (EMBRAPA, 1997). A equação 1 foi utilizada para determinar a Ds:

$$D_s \text{ (g cm}^{-3}\text{)} = \frac{M_{ss}}{V_t} \quad (1)$$

Onde: Ds = Densidade do solo (g cm⁻³); Mss = Massa da amostra de solo seca a 105°C; Vt = Volume total do anel.

3.7.2.2. Sólidos voláteis do solo

Os sólidos voláteis foram avaliados a partir de amostras secas a 105°C, colocadas em cadinhos de porcelana e levadas à combustão em mufla a 550°C ± 50°C durante quatro horas. A equação 2 foi utilizada para determinar os sólidos voláteis:

$$SV \text{ (\%)} = \frac{M_c}{M_{ss}} * 100 \quad (2)$$

Onde: Sv= Sólidos voláteis (%); Mc = Massa da amostra calcinada (g); Mss = Massa da amostra de solo seca a 105°C.

3.7.2.3. Potencial hidrogeniônico (pH)

As leituras de pH foram realizadas em peagâmetro com eletrodo combinado Marconi®, modelo MA552. A diluição do solo em água destilada foi na proporção 1:1, conforme metodologia adaptada de Tedesco *et al.* (1995).

3.7.2.4. Condutividade elétrica (CE)

As leituras de CE foram realizadas em um condutivímetro marca Digimed®, modelo DM-32. As amostras diluídas em água destilada na proporção 1:1 e filtradas em algodão, conforme metodologia adaptada de Tedesco *et al.* (1995).

3.7.2.5. Nitrogênio (N)

A determinação dos níveis de nitrogênio total, inorgânico (amoniacoal e nítrico) e orgânico, utilizou-se do procedimento descrito em Aira (2005) com o auxílio do aparelho de colorimetria realizando a leitura através de microplacas (Bio-Rad modelo iMark).

Na Figura 4, estão descritos os procedimentos para análises de nitrogênio.

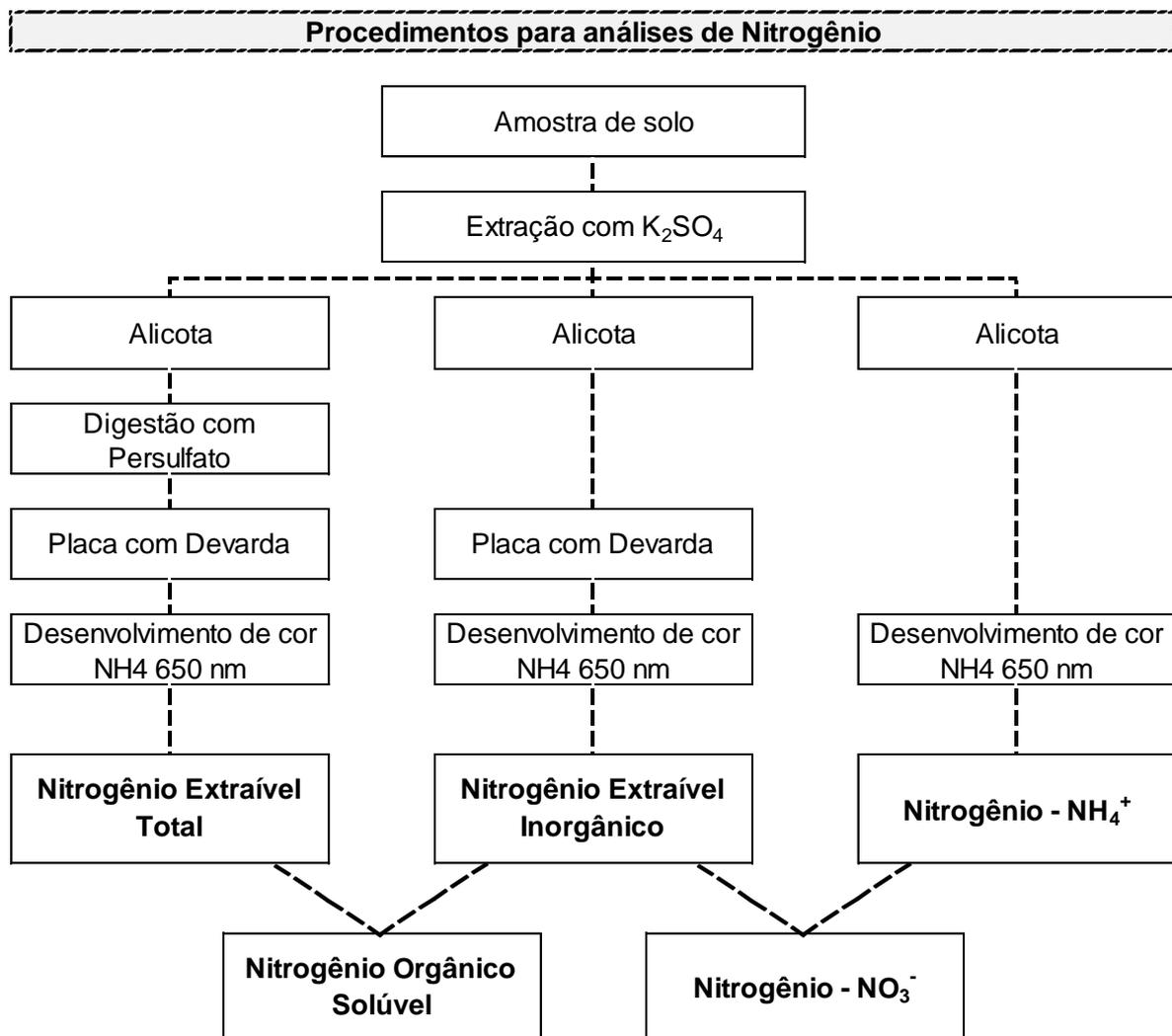


Figura 4 – Fluxograma da sequência de procedimentos para análises de nitrogênio. Fonte: Aira, 2005.

Amostras do solo diluídas na proporção 1:5 em solução de K_2SO_4 0,5M, com adição de 10g de solo e 50ml da solução foram colocadas em frascos snap-cap e homogeneizadas em mesa agitadora orbital, por um período de uma hora, com 200rpm. Após 30 minutos de decantação, filtro Whatman nº 42 foram utilizados na filtração e as amostras foram armazenadas em vidros âmbar, na temperatura entre 2°C e 4°C (SIMS; ELLSWORTH; MULVANEY, 1995). Utilizou-se uma sequência de procedimentos utilizando-se as microplacas e os reagentes específicos para desenvolvimento de cor, para a leitura destas amostras pelo leitor de microplacas a 650nm.

A leitura de cor é o indicativo para a determinação do nitrogênio, com reação entre a amostra e os agentes químicos. Por meio direto, o nitrogênio amoniacal (N- NH_4^+) é mensurado. Já para o nitrogênio contido na forma de nitrato (N- NO_3^-), a leitura é transformada pela mensuração do nitrogênio inorgânico para forma de

nitrogênio amoniacal. O nitrogênio orgânico, após sua mineralização, é transformado em amônio e feita à leitura do nitrogênio extraível total. Abaixo, apresentam-se as equações usadas para determinar as diferentes formas de nitrogênio:

$$\text{DON } (\mu\text{g g}^{-1}) = \text{NET} - \text{NEI} \quad (3)$$

Onde: DON = Nitrogênio orgânico solúvel; NET = Nitrogênio extraível total; NEI = Nitrogênio extraível inorgânico.

$$\text{N-NO}_3^- (\mu\text{g g}^{-1}) = \text{NEI} - \text{N-NH}_4^+ \quad (4)$$

Onde: N-NO₃⁻ = Nitrato; NEI = Nitrogênio extraível inorgânico; N-NH₄⁺ = Amônio.

3.7.2.6. Índices ecológicos do solo

Para avaliar a mesofauna edáfica alguns índices ecológicos foram mensurados. O índice de diversidade de Shannon-Wiener (H'), o qual mede a biodiversidade, foi estimado através da equação 5:

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \times \log (b) p_i \quad (5)$$

Onde: S = número de espécies; p_i é a abundância relativa da espécie i na amostra, calculada pela proporção dos indivíduos de uma espécie pelo número total dos indivíduos na comunidade (RODRIGUES, 2017).

O Índice de Dominância de Simpson (SIMPSON, 1949) foi determinado pela equação 6.

$$DS = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n n_i \times (n_i - 1)}{N(N-1)} \quad (6)$$

Onde: n_i é o número de indivíduos de cada espécie e N é o número de indivíduos (RODRIGUES, 2017).

O índice da uniformidade, chamado também de índice de equitabilidade J de Pielou foi obtida pela equação 7, estimando o padrão de distribuição dos indivíduos entre as espécies ou grupos. Inversamente proporcional a dominância e proporcional à diversidade, compara a máxima distribuição de espécies com a diversidade de Shannon-Wiener (SHANNON, 1948).

(7)

$$J = \frac{H'}{H'_{\max}}$$

3.7.3. Monitoramento de variáveis agrometeorológicas

Instalado 1,2 m acima do solo, o aparelho datalogger, marca Campbell Scientific modelo CR 800, que contém a presença de sensores automáticos de captação de dados foi realizada a leitura da temperatura mínima e máxima do ar e do solo, da umidade máxima e relativa do ar (%) (CS215 Temperature & Relative Humidity Sensor) e da radiação fotossintética ativa (Licor LI190SB Quantum Sensor), constando os respectivos valores nos apêndices.

Para a leitura dos dados de precipitação pluviométrica da área, os dados foram encontrados pela página do Laboratório de Agrometeorologia da Embrapa Clima Temperados, que constam os valores desta variável, obtidos do Posto Agrometeorológico, localizado na EEC, 31°37'S, 52°31'O, 160 m de altitude.

3.8. Procedimento estatístico

As médias da massa média, diâmetro médio e número médio de frutos nos tratamentos ($n=32$) foram submetidos à análise de variância com nível de confiança de 95%. Os resíduos foram testados quanto à normalidade pelo gráfico QQ-plot e

pelo teste de Anderson-Darling, a homocedasticidade pelo gráfico dos resíduos *versus* valores ajustados e a independência pelo gráfico dos resíduos *versus* ordem de coleta. A comparação de médias foi feita pelo teste de Tukey ($p < 0.05$).

As análises estatísticas foram realizadas com o uso do programa SpeedStat (CARVALHO *et al.*, 2020) e do programa ActionStat (EQUIPE ESTATCAMP, 2014).

A análise de componentes principais (PCA) foi realizada com o programa Canoco 4.5. (TERBRAAK; ŠMILLAUER, 2002). Foram utilizados os valores da abundância de 11 táxons (nível ordem) amostrados nas unidades experimentais. Os gráficos foram construídos pelo método do centróide e com foco na distância entre as amostras.

4 Resultados e discussão

4.1. Biomassa vegetal das plantas de cobertura

A interação dos adubos verdes com a fertilização do húmus líquido não apresentou efeito significativo para a variável massa seca dos vegetais ($p=0,1821$) (Tabela 4).

Tabela 4 – Análise de variância da massa seca em função da espécie, fertilização e interação. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, out-jan/2017.

	Massa seca		
	G.L.	Estat. F	P-valor
Espécie	3	4,3066*	0,0383
Fertilização	1	0,1159	0,7394
Espécie * Fertilização	3	1,1867	0,3560
Bloco	3	2,3177	0,1440
Tratamentos	7	1,7768	0,1821
Resíduos	21		

O fator fertilização não foi significativo, com média do controle $14,75\text{tha}^{-1}$ e $15,45\text{tha}^{-1}$ (Tabela 5). Para o fator espécie, as plantas de cobertura apresentaram valores distintos e significativos, conforme Tabela acima, a mucuna-cinza obteve maior biomassa fresca ($18,01\text{tha}^{-1}$) em relação ao milho ($10,04\text{tha}^{-1}$), obtendo a menor produção de biomassa verde. Ambas estas espécies, não diferiram estatisticamente da crotalária ($17,15\text{tha}^{-1}$) e do feijão-de-porco ($15,22\text{tha}^{-1}$), os quais não apresentaram estatisticamente diferença entre si (Tabela 5).

Tabela 5 – Massa fresca média ($\text{tha}^{-1} \pm \text{dp}$) de diferentes plantas de coberturas. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, out-jan/2017.

	Controle			Húmus líquido		Médias marginais		
	Média	dp		Média	dp			
Crotalária	20,21	(±3,87)	Aa	14,10	(±2,20)	Aa	17,15	AB
Feijão-de-porco	13,86	(±2,43)	ABa	16,59	(±2,07)	Aa	15,22	AB
Milheto	8,34	(±1,26)	Ba	11,73	(±1,76)	Aa	10,04	B
Mucuna-cinza	16,59	(±2,95)	ABa	19,42	(±4,80)	Aa	18,01	A
Médias marginais	14,75		a	15,46		a		

*n=32; Médias seguidas por uma mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna não se diferenciam estatisticamente pelo Teste de Tukey à 5%.

Resultados similares no estudo de Missio; Debiassi; Martins (2004), no estado do RS, evidenciaram que as produtividades das três espécies da família *Fabaceae*, não obtiveram diferença entre si, produzindo $20,65 \text{t ha}^{-1}$ para mucuna-cinza, $18,36 \text{t ha}^{-1}$ para feijão-de-porco e $18,16 \text{t ha}^{-1}$ para *C. juncea*. Em outra pesquisa, em Lavras/MG, Bertolino (2019) obteve a produtividade de massa verde de $19,09 \text{t ha}^{-1}$ da planta de milho, diferindo dos valores encontrados, conforme Tabela 5, no presente experimento.

A diferenciação entre as biomassas encontradas para as plantas de cobertura é natural devido às características morfológicas e genéticas, bem como as condições propícias do ambiente e para a produção de fitomassa de cada uma das espécies.

No presente trabalho, a mucuna-cinza obteve maior fitomassa fresca comparada ao milho, não diferenciando das outras espécies. Por possuir um sistema radicular profundo, o milho possui alta capacidade de extração de nutrientes, com liberação mais lenta ao solo, elevada capacidade de produção de massa verde e seca, alta tolerância à seca, adaptabilidade aos solos de baixo nível de fertilidade (REZENDE *et al.*, 2016).

Ambas as afirmações acima, confirmam que mesmo diferindo estatisticamente uma da outra, na produção de biomassa verde, tanto a mucuna-verde quanto o milho produziram valores significativos de material vegetal, mesmo o solo apresentando baixos níveis de fertilidade (Tabela 2) e índices pluviométricos ($146,6 \text{mm}$) nos meses de crescimento vegetativo, novembro e dezembro de 2017 e janeiro de 2018 (Anexo A).

Em estudos na comunidade de Santa Terezinha, localizada no município de Castanhal-PA, Fernandes *et al.* (2019) encontraram valores superiores para a mucuna-cinza ($43,45 \text{t ha}^{-1}$) comparadas a outras espécies de adubos verdes e vegetação espontânea, com produtividade de $29,51 \text{t ha}^{-1}$ para crotalária. De acordo

com a Tabela 5, no presente experimento, a produção em teores de matéria fresca foi de $17,15\text{tha}^{-1}$, inferindo-se que as produtividades das espécies de adubo verde são dependentes das condições climáticas favoráveis, pois caso contrário, há limitação do crescimento da planta, produção de massa e persistência do material orgânico no solo (ALGERI *et al.*, 2018), conforme pode-se observar que para o milho, por apresentar florescimento precoce e estar em estágio avançado reprodutivo, comparada as demais, produziu menor quantidade de massa verde comparada as demais $10,04\text{tha}^{-1}$.

Avaliando a biomassa seca dos adubos verdes, não houve efeito significativo da interação das plantas de cobertura com a fertilização do húmus líquido. O incremento da fertilização do húmus líquido com a adubação verde não ocasionou diferença estatística na avaliação do efeito conjunto (Tabela 6). As médias dos tratamentos estão compreendidas entre $0,90$ e $1,71\text{tha}^{-1}$.

Tabela 6 – Massa seca média ($\text{tha}^{-1} \pm \text{dp}$) de diferentes plantas de cobertura. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, out-jan/2017.

	Controle		Húmus líquido		Médias marginais			
	Média	dp	Média	dp				
Crotalária	1,74	($\pm 0,27$)	Aa	1,68	($\pm 0,15$)	Aa	1,71	A
Feijão-de-porco	0,92	($\pm 0,28$)	Aa	0,88	($\pm 0,26$)	Aa	0,90	A
Milheto	1,66	($\pm 0,30$)	Aa	1,48	($\pm 0,44$)	Aa	1,57	A
Mucuna-cinza	0,83	($\pm 0,36$)	Aa	1,08	($\pm 0,15$)	Aa	0,95	A
Médias marginais	1,29		a	1,28		a		

*n=32; Médias seguidas por uma mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna não se diferenciam estatisticamente pelo Teste de Tukey à 5%.

De acordo com a Tabela acima, os valores médios de $1,71\text{tha}^{-1}$ para crotalária e $1,57\text{tha}^{-1}$ para milho diferiu dos valores obtidos em outro trabalho na EEC, Pelotas/RS, com maiores médias para a crotalária e o milho, $8,20$ e $2,98\text{tha}^{-1}$, em base de matéria seca, respectivamente (JANDREY, 2019).

Resultados diferentes foram encontrados em outros estudos, no mesmo estado, na fronteira Oeste, região da Campanha e Litoral Sul em que a produtividade de massa seca de $5, 11$ e $8,6\text{tha}^{-1}$ para crotalária, $5,6, 5$ e $5,2\text{tha}^{-1}$ para o milho e $6,46, 4,5, 3\text{tha}^{-1}$ para mucuna, nas respectivas regiões mencionadas (MISSIO; DEBIASI; MARTINS, 2004; FEPAGRO, 2003).

Em Dourados/MS, valores de $6,50\text{tha}^{-1}$, $6,26\text{tha}^{-1}$ e $4,84\text{tha}^{-1}$ foram encontrados para o feijão-de-porco, crotalária e mucuna-cinza, diferindo dos valores

médios encontrados para as leguminosas nesse trabalho (VIANA E SILVA; FINAMORE, 2015).

Estudos demonstram a eficiência das espécies *C. juncea* e *C. ensiformis* dentro da família *Fabaceae* pela sua produção em quantidade e qualidade de massa seca, elevada fixação, acúmulo e ciclagem de nutrientes, obtendo valores de 20 e 15 tha^{-1} para crotalária e 14,7 e 8 tha^{-1} para o feijão-de-porco, em base de massa seca (ARAUJO, 2019; WUTKE; CALEGARI; WILDNER, 2014).

Para que ocorra a deposição de nutrientes no solo, é necessário atingir níveis satisfatórios da produção da biomassa. A liberação, que ocorre de forma gradual, e para cada espécie, pode variar devido a sua relação C:N e às condições ambientais que influenciam na atividade fotossintética. Referente à matéria seca acumulada nas plantas, 90% é decorrente da atividade fotossintética (TAIZ; ZEIGER, 2006).

A biomassa é produzida levando em consideração os níveis de precipitação pluviométrica, temperatura média do ar, umidade relativa do ar, o que infere sobre as condições ambientais no momento de cultivo. Observa-se que tanto para biomassa seca e quanto para biomassa fresca, os valores referentes a esta variável neste estudo, foram bem abaixo dos encontrados tanto dentro e fora do estado do Rio Grande do Sul.

Os valores acumulados para a quantidade de volume de chuva do período da semeadura, aplicação do húmus, até o manejo das espécies, foram de, aproximadamente, 527,8mm (Anexo A), com o pico mais elevado de chuva no período do mês de outubro, mês da semeadura. Nos dois meses seguintes, foram meses mais secos, onde não passou de 47mm o nível de precipitação pluviométrica, e isto pode ter interferido na produção da biomassa fresca dos outros adubos verdes, com a média de volume de chuva acumulada (269,6 mm) para os meses de produção de fitomassa (novembro/2017 a janeiro de 2018) menor que os encontrados na média histórica da região (322,9mm) para os mesmos meses (WREGGE *et al.*, 2012). Devido a isso, trabalhou-se com uma menor quantidade de fitomassa esperada, tanto fresca quanto seca, em relação às demais espécies de cobertura verde utilizadas nos experimentos desta pesquisa.

4.2. Efeito dos tratamentos sobre os atributos do solo

4.2.1. Potencial Hidrogeniônico (pH)

Não houve efeito significativo na interação das plantas de cobertura verde com a aplicação húmus líquido ($p=0,0025$) para a variável pH. Porém, para o fator espécie, pode-se afirmar que houve, com uma pequena diferença entre elas, por conta do teste utilizado.

Tabela 7. Análise de variância para o pH em função da espécie, fertilização e interação. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, fev/2017.

	pH		
	G.L.	Estat. F	P-valor
Espécie	3	4,1752*	0,0414
Fertilização	1	1,6908	0,2179
Espécie * Fertilização	3	0,5306	0,6698
Bloco	3	1,9910	0,1859
Tratamentos	7	6,5386**	0,0025
Resíduos	21		

As médias marginais para o pH do solo nos tratamentos variaram entre 4,69 e 5,00 (Tabela 8).

Tabela 8. Valores de pH médio do solo ($m \pm dp$) na camada de 0-20 cm após a presença de plantas de cobertura e fertilização com húmus líquido. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, fev/2017.

	pH							
	Controle			Húmus líquido			Médias marginais	
	Média	dp		Média	dp			
Crotalária	4,82	($\pm 0,11$)	Aa	4,73	($\pm 0,14$)	Aa	4,77	A
Feijão-de-porco	4,94	($\pm 0,07$)	Aa	4,97	($\pm 0,10$)	Aa	4,95	A
Milheto	5,03	($\pm 0,09$)	Aa	4,97	($\pm 0,05$)	Aa	5,00	A
Mucuna-cinza	4,73	($\pm 0,08$)	Aa	4,64	($\pm 0,04$)	Aa	4,69	A
Médias marginais	4,88		a	4,83		a		

*n=32; Médias seguidas por uma mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna não se diferenciam estatisticamente pelo Teste de Tukey à 5%.

Pode-se perceber que os valores de pH encontrados foram abaixo de 5, patamar que dificulta a absorção de nutrientes, já que, as condições propícias para uma adequada disponibilidade de nutrientes no solo, deve estar, no intervalo de pH 5,5 até 6,8 (GOMES *et al.*, 2006). Resultados diferentes foram encontrados por Jandrey (2019) - 5,20 a 5,47- ao final do cultivo, em condições similares de local

(Pelotas/RS) e amostragem do solo (0-20 cm) para as plantas de crotalária e milho.

Os valores desse índice aferidos ao final do cultivo mostraram acidificação no solo dos cultivos, inferindo que leguminosas ao fixarem N_2 , desbalçam a proporção de cátions/ânions passando a absorver mais cátions, liberar mais H^+ , e mantendo a CTC do solo mais alta (MARSCHNER, 1995; SOUZA *et al.*, 2010). A degradação da palhada leva a uma queda do pH por conta da transformação e mineralização do material vegetal aos compartimentos do solo.

A presença das plantas bioindicadoras na área, como a guaxuma e a mal-me-quer, plantas pertencentes a família das Malvaceae, bem como a tiririca, pertencente à família das Cyperaceae, indicam a predominância de solos com problemas de manejo como compactação, falta de aeração, acidez e baixos teores de Ca^{+2} e Mg^{+2} (PRIMAVESI, 1992).

4.2.2. Condutividade elétrica

Para a condutividade elétrica não houve diferença significativa na interação das plantas de cobertura com a fertilização do húmus ($p=0,0513$), tampouco para os efeitos isolados, conforme apresentado abaixo.

Tabela 9 – Análise de variância da condutividade elétrica em função da espécie, fertilização e interação. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, fev/2017.

	Condutividade elétrica		
	G.L.	Estat. F	P-valor
Espécie	3	1,5192	0,2751
Fertilização	1	0,5241	0,4830
Espécie * Fertilização	3	0,6127	0,6197
Bloco	3	0,5155	0,6818
Tratamentos	7	2,8894	0,0513
Resíduos	27		

As médias marginais para condutividade elétrica do solo nos tratamentos estão compreendidas entre 258,75 e 277,13 μ Scm⁻¹ (Figura 5).

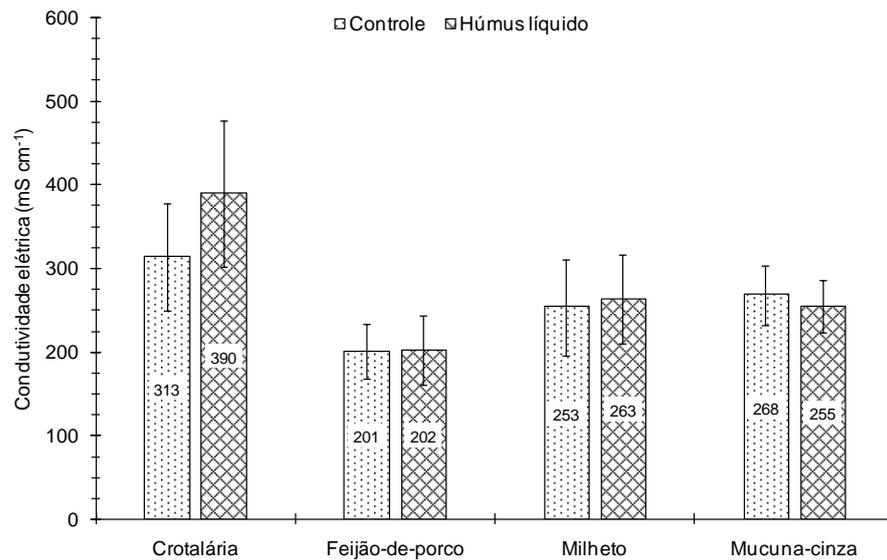


Figura5. Valores de condutividade elétrica ($\mu\text{Scm}^{-1} \pm \text{dp}$) na camada superficial do solo com a presença de plantas de cobertura e fertilização com húmus líquido. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, fev/2017.

Os efeitos da condutividade elétrica na palhada dos adubos verdes são encontrados de forma escassa na literatura. Os valores neste estudo diferem dos que os encontrados na pesquisa de Echer (2016), de $105\mu\text{Scm}^{-1}$ e $125\mu\text{Scm}^{-1}$ no solo com cobertura e sem cobertura de palhada seca de aveia e gramíneas nativas do gênero *Paspalum sp.* na mesma estação experimental (EEC/Embrapa Clima Temperado), utilizando húmus líquido em casa de vegetação.

Em outros trabalhos acadêmicos, há discussão sobre aumentos na condutividade elétrica do solo com aplicação de vermicomposto em cultivos de melão (*Cucumis melo L. var. inodorus*), como os de Masciandaro *et al.* (2014), com valores de $81\mu\text{Scm}^{-1}$ em Toscana, Itália.

4.2.3. Densidade do solo

Não houve diferença significativa na interação das plantas de cobertura verde com a fertilização do húmus ($p=0,5093$), como pode-se observar na Tabela 10.

Tabela 10 – Análise de variância da densidade do solo em função da espécie, fertilização e interação. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, fev/2017.

	Densidade do solo		
	G.L.	Estat. F	P-valor
Espécie	3	0,1480	0,9284
Fertilização	1	3,3616	0,0916
Espécie * Fertilização	3	0,6616	0,5913
Bloco	3	0,9044	0,4763
Tratamentos	7	0,9439	0,5093
Resíduos	27		

As médias marginais para densidade do solo nos tratamentos estão compreendidas entre 1,49 e 1,53gcm⁻³ (Figura 6).

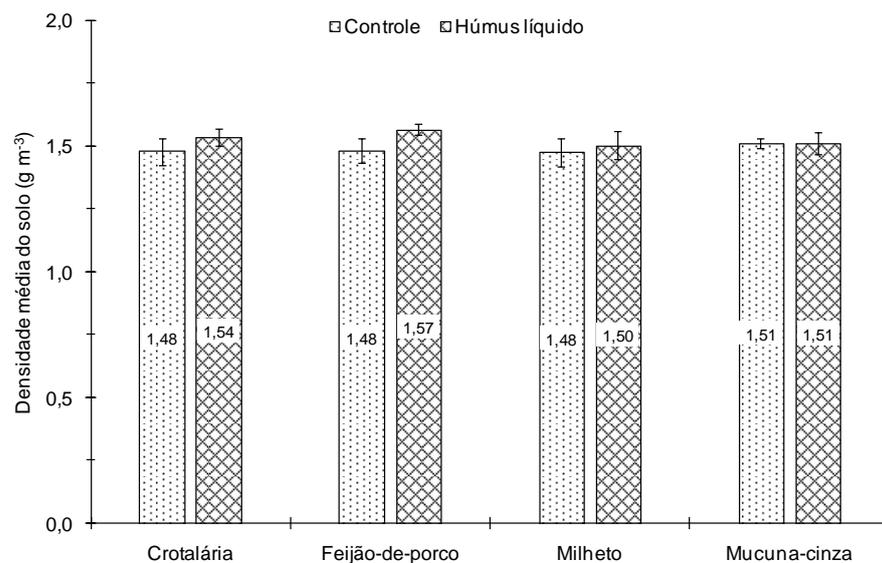


Figura 6. Valores de densidade média do solo (gcm⁻³± dp) na camada superficial do solo com a presença de plantas de cobertura e fertilização com húmus líquido. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, fev/2017.

Valores críticos, na faixa de 1,4 e 1,8gcm⁻³, foram identificados para o desenvolvimento das plantas, conforme indicado em Reynolds *et al.* (2002). Como todos os valores médios para a variável densidade do solo, neste trabalho, estão entre os que foram descritos pela literatura, pode-se inferir que houve efeito negativo no desenvolvimento das plantas no consórcio.

Aumentos na densidade influenciam negativamente na absorção de nutrientes devido a compactação do solo, que afeta os mecanismos de difusão e fluxo de massa, interferindo na absorção de nutrientes até as raízes das plantas, bem no transporte desses nutrientes das raízes à parte aérea das plantas (OHLAND *et al.* 2014).

Valores semelhantes foram encontrados em um estudo realizado por Carvalho *et al.* (2013) sobre atributos físicos por plantas de cobertura (densidade, porosidade), referentes à crotalária e a mucuna-cinza. Não houve efeito das espécies de plantas de cobertura sobre os atributos físicos do solo em nenhuma das três camadas avaliadas até os 90 dias após a semeadura.

A densidade é o principal indicador de compactação do solo, afetando diretamente a produtividade das culturas. Seu aumento pode refletir negativamente na qualidade do solo, bem como prejudicar o desenvolvimento do sistema radicular, com a redução da porosidade e das taxas de infiltração de água (REINERT *et al.* 2006; WEIL; NYLE 2013).

As plantas de cobertura são recomendadas para diminuir os efeitos da compactação e aumentar a agregação das partículas do solo, por apresentarem sistemas radiculares mais profundos e abundantes (ASSIS *et al.*, 2013). Porém, o uso de máquinas no preparo do solo, na semeadura, o tipo de solo, as condições climáticas, podem influenciar nas densidades do solo. Para conter este aumento na compactação, a escolha de espécies com sistema radicular vigoroso e com boa capacidade de crescimento em solos compactados, deve estar combinada adoção à rotação de culturas, intercalando espécies de cobertura do solo com cultivos comerciais (SILVA *et al.*, 1999; OLIVEIRA *et al.*, 2016).

4.2.4. Sólidos voláteis

A interação das plantas de cobertura verde com fertilização do húmus não foi significativa pelo teste realizado ($p=0,112$), mas é significativa para a variável espécie, conforme pode ser observado na Tabela 11 que segue.

Tabela 11. Análise de variância para sólidos voláteis em função da espécie, fertilização e interação. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, fev/2017.

	Sólidos voláteis		
	G.L.	Estat. F	P-valor
Espécie	3	38,278*	0,0511
Fertilização	1	0,8934	0,2179
Espécie * Fertilização	3	0,8912	0,3632
Bloco	3	0,4211	0,4736
Tratamentos	7	45,085	0,112
Resíduos	21		

A relação entre os sólidos voláteis do solo (Tabela 12) evidencia que houve interferência entre o material orgânico e mineral depositado no solo, sendo que as parcelas com as plantas de cobertura da crotalária (6,70%) obtiveram valores superiores à fração mineral das parcelas que continham as plantas de mucuna-cinza (3,86%) e igual em parcelas que tinham o feijão-de-porco (5,92%) e o milho (5,45%).

Para o fator fertilização nas plantas de cobertura, não houve diferença na aplicação do húmus líquido, não inferindo estatisticamente diferença expressiva, com médias de 5,30% no controle e 5,67% na presença de húmus líquido.

Tabela 12. Porcentagem dos sólidos voláteis (%) dos adubos verdes. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, fev/2017.

	Sólidos voláteis							
	Controle			Húmus líquido			Médias marginais	
	Média	dp		Média	dp			
Crotalária	6,21	(±0.38)	Aa	7,19	(±1.14)	Aa	6,70	A
Feijão-de-porco	6,02	(±0.27)	Aa	5,82	(±0.66)	Aa	5,92	AB
Milho	4,93	(±0.49)	Aa	5,97	(±1.05)	Aa	5,45	AB
Mucuna-cinza	4,03	(±0.49)	Aa	3,69	(±0.50)	Aa	3,86	B
Médias marginais	5,30		a	5,67		a		

*n=32; Médias seguidas por uma mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna não se diferenciam estatisticamente pelo Teste de Tukey à 5%.

Os sólidos voláteis são constituídos pelo resíduo inorgânico que permanece após a queima do resíduo orgânico, levado a combustão a altas temperaturas, e determinando a concentração da matéria orgânica (MO) e outros materiais em decomposição. Eles podem ser utilizados para monitorar o grau de estabilização da MO (CORREIA, 2009), visto que o carbono (C) faz parte da MO e ao ser adicionado pelo aporte de resíduos orgânicos presentes de folhas, raízes e ácidos orgânicos, pode reduzir o pH do solo (MACHADO *et al.*, 2014).

Em outros estudos, encontra-se que uso de húmus de minhoca gerou um acréscimo de quase 50% na matéria orgânica do solo em cultivos de morango,

indicando a biotransformação do húmus em substâncias orgânicas no solo (HOEHNE *et al.*, 2020), diferente do encontrado no estudo, pois não houve influência da fertilização do húmus líquido.

4.2.5. Nitrogênio

Para todas as formas de nitrogênio (N) no solo avaliadas, houve interação significativa para os tratamentos. As espécies de plantas, como as leguminosas, quando utilizadas com o propósito de adubos verdes, favorecem o processo biológico. A inclusão de nitrogênio nos sistemas de produção é importante, visto que o nitrogênio constitui um elemento importante na ciclagem da matéria orgânica, apresentando níveis baixos nos solos, limitando os processos biológicos e consequentemente a produção dos cultivos.

4.2.5.1. Nitrogênio Extraível Total (NET)

Na avaliação sobre a disponibilidade de nitrogênio, a interação das plantas de cobertura verde com a fertilização do húmus líquido foi significativa para a variável do nitrogênio extraível inorgânico do solo (Tabela13).

Tabela 13 – Análise de variância para nitrogênio extraível total (NET) do solo nas parcelas com diferentes coberturas vegetais e fertilização com húmus líquido .Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS. fev/2017.

	Sólidos voláteis		
	G.L.	Estat. F	P-valor
Espécie	3	3,0520	0,0610
Fertilização	1	6,2742*	0,0277
Espécie * Fertilização	3	4,6503*	0,0223
Bloco	3	2,8054*	0,0755
Tratamentos	7	5,2778**	0,0060
Resíduos	21		

Nas parcelas com feijão-de-porco e milho não houve diferença da aplicação do húmus líquido para as médias NET do solo. Entretanto, para a crotalária e para mucuna-cinza o uso de húmus líquido apresentou maiores médias para o NET do solo, com valores de $0,56 \mu\text{gg}^{-1}$ e $0,43 \mu\text{gg}^{-1}$, respectivamente (Tabela 14).

Tabela 14– Nitrogênio extraível total - NET ($\mu\text{gg}^{-1} \pm \text{dp}$) do solo nas parcelas com diferentes coberturas vegetais e fertilização com húmus líquido. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, fev/2017.

	Nitrogênio extraível inorgânico							
	Controle			Húmus líquido			Médias marginais	
	Média	dp		Média	dp			
Crotalária	0,42	($\pm 0,02$)	Ab	0,56	($\pm 0,08$)	Aa	0,49	A
Feijão-de-porco	0,48	($\pm 0,04$)	Aa	0,43	($\pm 0,04$)	Aa	0,46	A
Milho	0,42	($\pm 0,02$)	Aa	0,43	($\pm 0,02$)	Aa	0,43	A
Mucuna-cinza	0,49	($\pm 0,02$)	Ab	0,57	($\pm 0,03$)	Aa	0,53	A
Médias marginais	0,45		b	0,50		a		

*n=32; Médias seguidas por uma mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna não se diferenciam estatisticamente pelo Teste de Tukey à 5%.

O nitrogênio extraível total compreende a fração mineral de nitrogênio no solo com a presença das formas inorgânicas compreendendo conteúdos bem menores do que comparado a fração orgânica do N no solo (VIEIRA, 2017). Essa mesma autora evidencia que a presença da associação simbiótica das raízes das leguminosas com os rizóbios forma nódulos, servindo de reservatório da transformação do N_2 atmosférico em amônia, o que é evidenciado pelo efeito positivo da aplicação de húmus nas parcelas das leguminosas, crotalária e mucuna-cinza, com valores maiores de NET.

Fatores favoráveis abióticos, como a temperatura, auxiliam na mineralização do nitrogênio, quando estão compreendidos na faixa entre 20 e 30°C, estimulando a atividade mais intensa dos microrganismos (SCRIMGEOUR, 2006). No cultivo de abóbora com os adubos verdes com a presença do húmus líquido, a temperatura média do ar foi 22,96°C (Anexo A), o que pode ter favorecido uma melhor atividade da microbiota do solo e acúmulo de NET no solo.

A precipitação pluviométrica é também um fator que pode influenciar o acúmulo dos teores de NET no solo, quando apresentam volumes de chuva inferiores (SHARIFI *et al.*, 2014). Neste trabalho, levando em consideração as médias históricas da região (158,2mm), e o volume de chuvas inferior a esta média

na época de amostragem (59, mm), verifica-se que houve influência positiva no acúmulo de NET no solo.

Em estudo de Ribas *et al.* (2010), que avaliou a decomposição de mucuna-cinza, possui lenta liberação de N comparada ao presente experimento. A pesquisa anterior demonstrou que a liberação elevou rapidamente os teores de nitrogênio mineral, mas aumentou a volatilização de amônia, apresentando razão C/N menor que 20.

4.2.5.2. Amônio (N-NH₄⁺)

A interação das plantas de cobertura verde com a fertilização do húmus líquido foi significativa para a variável do nitrogênio amônio do solo ($p=0,0185$) (Tabela 15).

Tabela 15 – Análise de variância para nitrogênio amônio (N-NH₄⁺) com diferentes coberturas vegetais e fertilização com húmus líquido. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, fev/2017.

	N-NH ₄ ⁺		
	G.L.	Estat. F	P-valor
Espécie	3	2,7576	0,0815
Fertilização	1	6,5968*	0,0246
Espécie *	3	4,9330*	0,0185
Fertilização	3	10,8088*	0,0001
Bloco	7	5,7792**	0,0042
Resíduos	21		

Nas parcelas com feijão-de-porco e milho não houve diferença da aplicação do húmus líquido para as médias de nitrogênio amoniacal (N-NH₄⁺) do solo (Tabela 16). Tanto para a crotalária como para a mucuna-cinza o uso de húmus líquido apresentou maiores médias para o N-NH₄⁺ do solo, com valores de 0,12µgg⁻¹ para ambas.

Tabela 16 – Nitrogênio amônio N-NH⁴⁺ (μg g⁻¹ ± dp) do solo nas parcelas com diferentes coberturas vegetais e fertilização com húmus líquido. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS. Fev. 2017.

	N-NH ⁴⁺							
	Controle			Húmus líquido			Médias marginais	
	Média	dp		Média	dp			
Crotalária	0,09	(±0.01)	Ab	0,12	(±0.02)	Aa	0,10	A
Feijão-de-porco	0,10	(±0.01)	Aa	0,09	(±0.01)	Aa	0,09	A
Milheto	0,09	(±0.01)	Aa	0,09	(±0.01)	Aa	0,09	A
Mucuna-cinza	0,10	(±0.01)	Ab	0,12	(±0.01)	Aa	0,11	A
Médias marginais	0,10		b	0,10		a		

*n=32; Médias seguidas por uma mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna não se diferenciam estatisticamente pelo Teste de Tukey à 5%.

Os valores satisfatórios de amônio do solo para os tratamentos com crotalária e mucuna-cinza fertilizados com o húmus líquido, corrobora com estudos de Silva; Menezes (2007), que sugerem adicionar fontes de adubo orgânico junto a resíduos de leguminosas como a crotalária, para evitar a imobilização de N no solo durante o ciclo do cultivo, e também a perda de nitrogênio proveniente do húmus.

A acidificação na solução do solo no presente trabalho, nas parcelas com mucuna-cinza (4,73) e com crotalária (4,72), mesmo com o aporte de material seco, 0,95tha⁻¹ para mucuna-cinza e 1,71tha⁻¹ para crotalária, levou a um maior aporte de amônio quando comparado com as demais leguminosas.

4.2.5.3. Nitrato (N-NO₃⁻)

O nitrogênio presente como nitrato (N-NO₃⁻) apresentou interação significativa das plantas de cobertura verde com a fertilização do (Tabela17).

Tabela 17 – Análise de variância do nitrogênio nitrato (N-NO₃⁻) no solo com diferentes coberturas vegetais e fertilização com húmus líquido. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, fev/2017.

	N-NO ₃ ⁻		
	G.L.	Estat. F	P-valor
Espécie	3	3,1289	0,0550
Fertilização	1	6,2005	0,0254
Espécie * Fertilização	3	4,5865*	0,0284
Bloco	3	1,8704*	0,1753
Tratamentos	7	5,1728**	0,0065
Resíduos	21		

Em relação ao nitrogênio nitrato (N-NO₃⁻) nas parcelas com feijão-de-porco e milheto não houve diferença estatística. Já para a crotalária e para a mucuna-cinza o

uso de húmus líquido apresentou maiores médias para o N-NO_3^- do solo, com valores de $0,44\mu\text{gg}^{-1}$ e $0,46\mu\text{gg}^{-1}$, respectivamente (Tabela 18).

Tabela18– Nitrogênio nitrato N-NO_3^- ($\mu\text{gg}^{-1} \pm \text{dp}$) no solo nas parcelas com as diferentes coberturas vegetais e fertilização com húmus líquido. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, fev/2017.

	N-NO_3^-							
	Controle			Húmus líquido			Médias marginais	
	Média	dp		Média	dp			
Crotalária	0,33	(± 0.01)	Ab	0,44	(± 0.06)	Aa	0,39	A
Feijão-de-porco	0,38	(± 0.04)	Aa	0,34	(± 0.04)	Aa	0,36	A
Milheto	0,33	(± 0.01)	Aa	0,34	(± 0.02)	Aa	0,34	A
Mucuna-cinza	0,39	(± 0.01)	Ab	0,46	(± 0.02)	Aa	0,42	A
Médias marginais	0,36		b	0,39		a		

*n=32; Médias seguidas por uma mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna não se diferenciam estatisticamente pelo Teste de Tukey à 5%.

A forma mais predominante de N inorgânico no solo, em solos mais aerados, é o nitrato, sendo necessários aportes e a incorporação de resíduos no solo, com a utilização de plantas de cobertura, para prevenir perdas por lixiviação do N-NO_3^- (ZHANG *et al.*, 2018; VIEIRA, 2017). Essa observação colabora para os resultados encontrados através da interação positiva da aplicação do húmus líquido nas plantas de adubos verdes.

4.2.5.4. Nitrogênio orgânico (Norg)

Para o nitrogênio orgânico (Norg) houve interação significativa das plantas de cobertura verde com a fertilização do húmus ($p=0,0013$) (Tabela 19).

Tabela 19 – Análise de variância para nitrogênio orgânico (Norg) nas parcelas com diferentes coberturas vegetais e fertilização com húmus líquido. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, fev/2017.

	Norg		
	G,L.	Estat. F	P-valor
Espécie	3	3,4535*	0,0484
Fertilização	1	9,2654	0,0102
Espécie * Fertilização	3	5,6853*	0,0117
Bloco	3	0,3125*	0,8161
Tratamentos	7	7,5190**	0,0013
Resíduos	21		

Em relação ao nitrogênio (Norg) nas parcelas com feijão-de-porco e milho não houve diferença da aplicação com húmus líquido. Nas parcelas com crotalária e com a mucuna-cinza, sem o uso de húmus líquido, verificou-se maiores médias para o Norg do solo, com valores de $0,76\mu\text{g}^{-1}$ e $0,63\mu\text{g}^{-1}$, respectivamente (Tabela20).

Tabela20– Nitrogênio orgânico solúvel – Norg ($\mu\text{g}^{-1} \pm \text{dp}$) das coberturas vegetais e fertilização com húmus líquido. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, fev/2017.

	Nitrogênio orgânico dissolvido						Médias marginais	
	Controle			Húmus líquido				
	Média	dp		Média	dp			
Crotalária	0,76	(± 0.04)	Aa	0,63	(± 0.04)	Ab	0,70	A
Feijão-de-porco	0,63	(± 0.01)	Aa	0,65	(± 0.03)	Aa	0,64	A
Milho	0,63	(± 0.04)	Aa	0,64	(± 0.03)	Aa	0,64	A
Mucuna-cinza	0,63	(± 0.03)	Aa	0,55	(± 0.02)	Ab	0,59	A
Médias marginais	0,66		a	0,62		b		

*n=32; Médias seguidas por uma mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna não se diferenciam estatisticamente pelo Teste de Tukey à 5%.

A forma orgânica do nitrogênio corresponde a 95% do N no solo, e sua mineralização em fontes inorgânicas disponíveis para as plantas, sofre influência do pH, com maior disponibilização na faixa de 6 a 7 (VIEIRA, 2017). No presente trabalho, os valores médios de pH variaram entre 4,69 e 5, interferindo na mineralização do NET para absorção do N nas plantas e acumulando Norg no solo.

Quando mineralizado, o nitrogênio é convertido inicialmente a N-NH^{4+} e depois em N-NO^{-3} por nitrificação (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006; QUAN *et al.*, 2015). No processo de humificação, altos níveis de N-NH^{4+} são liberados e convertido ao nitrogênio orgânico, estabilizando o húmus (LIMA *et al.*, 2014), e pode-se inferir, através desse conhecimento, que os valores com a aplicação do húmus líquido apresentaram diferenças nas plantas de cobertura e acúmulo de Norg nos solos.

Resultados semelhantes a esse trabalho, com acúmulo de nitrogênio orgânico, foram encontrados por Ambrosano *et al.* (2009), sem a utilização de húmus líquido, com as plantas de adubação verde, *Crotalaria juncea* e a mucuna-preta, incorporadas ao solo.

4.3. Efeito dos tratamentos sobre a biodiversidade da fauna edáfica

4.3.1. Riqueza e abundância

Na análise da fauna edáfica do experimento, pode-se observar que não houve diferença significativa na interação das plantas de cobertura verde com a fertilização do húmus para a variável riqueza da ordem ($p=0.9707$) e tampouco para abundância de indivíduos ($p=0.7759$).

Tabela 21 – Análise de variância para riqueza de ordem e abundância de indivíduos nas parcelas com diferentes coberturas vegetais e fertilização com húmus líquido. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, fev/2017.

	Riqueza de ordem			Abundância de indivíduos			
	G.L.	Estat. F	P-valor	G.L.	Estat. F	P-valor	
Espécie	3	0,1284	0,9420	Espécie	3	0,4281	0,7363
Fertilização	1	0,0352	0,8553	Fertilização	1	0,1294	0,7273
Espécie * Fertilização	3	2,0920	0,1371	Espécie * Fertilização	3	2,0843	0,1381
Bloco	3	2,0979	0,1363	Bloco	3	3,7659	0,0381
Tratamentos	7	0,2201	0,9707	Tratamentos	7	0,5539	0,7759
Resíduos	27			Resíduos	27		

A média para riqueza da ordem variou entre 5,5 a 6,13, conforme Tabela 22.

Tabela 22 – Valores médios da riqueza (nº de ordens) ($m \pm dp$) e da fauna edáfica do solo com diferentes coberturas vegetais e fertilização com húmus líquido. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, jan-fev/2018.

	Riqueza de ordem				
	Controle		Húmus líquido		Média
Crotalaria	6,25	($\pm 1,38$)	5,58	($\pm 0,58$)	5,92
Feijão-de-porco	7	($\pm 0,91$)	5,25	($\pm 1,49$)	6,13
Milheto	5	($\pm 0,91$)	6	($\pm 1,08$)	5,5
Mucuna-cinza	5,33	($\pm 0,41$)	6	($\pm 0,71$)	5,67
Média	5,9		5,71		5,0

Para a abundância houve a variação das médias, com valores entre 28,3 e 46,9, sem a influência do húmus líquido e 24,5 e 39,3 com influência do húmus líquido, sendo a média igual a 41,12 e 33,85, sem e com a influência do húmus líquido, respectivamente (Tabela 23).

Tabela 23 – Valores médios da abundância de indivíduos da fauna edáfica ($m \pm dp$) do solo com diferentes coberturas vegetais e fertilização com húmus líquido. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, jan-fev/2018.

	Abundância de indivíduos				Média
	Controle		Húmus líquido		
Crotalária	28,25	($\pm 12,95$)	24,58	($\pm 9,60$)	26,42
Feijão-de-porco	43,5	($\pm 7,96$)	34	($\pm 10,42$)	38,75
Milheto	45,75	($\pm 18,07$)	37,75	($\pm 9,99$)	41,75
Mucuna-cinza	46,92	($\pm 15,50$)	39,25	($\pm 9,10$)	43,08
Média	41,1		33,9		37,5

Inúmeros fatores conforme estudos de Pflug; Wolters (2002) que citam o pH, tipo de solo e estrutura, matéria orgânica do solo, influenciarem a composição, a densidade e a atividade das espécies, além do período de amostragens (CLUZEAU *et al.*, 2012) e a composição de espécies de organismos (plantas, microrganismos e fauna do solo). Pode-se inferir que o baixo níveis de riqueza de táxons e abundância de indivíduos sofreram com as condições baixas de pH (4,63 a 5,0) e densidade do solo ($1,50\text{gcm}^{-3}$).

Além disso, o aumento da temperatura afeta drasticamente as espécies edáficas, e as respostas da comunidade são fortemente controladas por temperatura e precipitação (JUCEVICA; MELECIS, 2006). A influência destes fatores externos foi verificada neste estudo à época da amostragem, com valores acima de 27°C no solo (Apêndice B) e precipitação média de 59,8mm (Anexo A).

4.3.2. Índice de diversidade de Shannon

Para o índice de diversidade de Shannon, que demonstra a heterogeneidade entre os indivíduos (destacando as espécies raras) não foi observada diferença significativa na interação das plantas de cobertura verde com a fertilização do húmus ($p=0,5397$) (Tabela 24).

Tabela 24 – Análise de variância para o índice de diversidade de Shannon nas parcelas com diferentes coberturas vegetais e fertilização com húmus líquido. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS. jan-fev/2018.

	Índice de diversidade de Shannon		
	G.L.	Estat. F	P-valor
Espécie	3	0,5466	0,6627
Fertilização	1	1,0409	0,3343
Espécie *	3	1,2478	0,3489
Fertilização	3	0,3753	0,7731
Tratamentos	7	0,9088	0,5397
Resíduos	21		

As médias para o índice de diversidade de Shannon estão entre 0,95 e 1,49 (Figura 7).

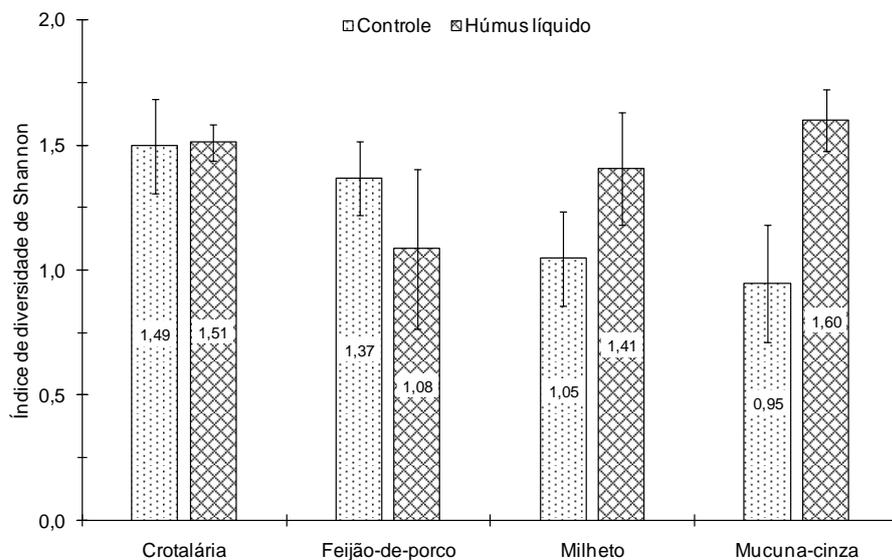


Figura 7. Índice de diversidade de Shannon ($m \pm dp$) da fauna edáfica do solo com diferentes coberturas vegetais e fertilização com húmus líquido. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, jan-fev/2018.

Estudos de Lima; Souza e Pederassi (2016) consideram que valores de 1,5 a 3,5 são elevados para o índice de diversidade de Shannon. Neste experimento as ora apresentado, as médias dos tratamentos ficaram abaixo deste índice.

Menores aportes de resíduos vegetais, reduzem a diversidade da fauna edáfica, com efeito direto no índice de Shannon (GATIBONI *et al.*, 2009), o que correlaciona com a época amostrada, anterior ao manejo das plantas de adubo verde.

4.3.3. Índice de Pielou

Para o índice de Pielou ($p=0,1502$) não houve diferença significativa na interação das plantas de cobertura verde com a fertilização do húmus (Tabela 25).

Tabela 25 – Análise de variância para o índice de equitabilidade de Pielou nas parcelas com diferentes coberturas vegetais e fertilização com húmus líquido. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, jan-fev/2018.

	Índice de equitabilidade de Pielou		
	G.L.	Estat. F	P-valor
Espécie	3	1,9018	0,1655
Fertilização	1	3,4083	0,0979
Espécie * Fertilização	3	1,9119	0,1982
Bloco	3	1,6585	0,2114
Tratamentos	7	2,0878	0,1502
Resíduos	21		

As médias para o índice de Pielou estão entre 0,58 e 0,90(Figura 8).

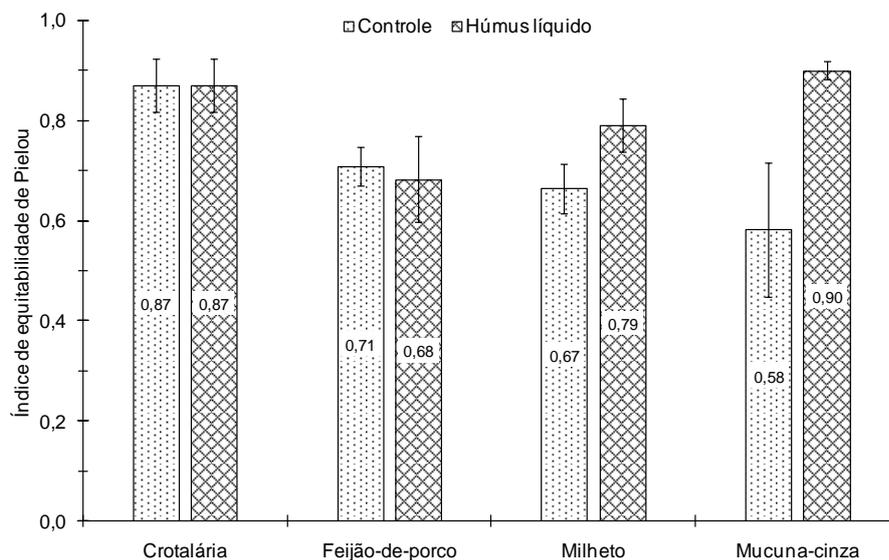


Figura 8 – Número de equitabilidade de Pielou ($m \pm dp$) da fauna edáfica do solo com diferentes coberturas vegetais e fertilização com húmus líquido. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS. jan-fev/2018.

Em experimento com cucurbitáceas, Balin *et al.* (2017), evidenciaram que as plantas de cobertura influenciam na diversidade, riqueza de táxons e abundância dos indivíduos da fauna edáfica.

4.3.4. Índice de Dominância Simpson

Para o índice de Dominância Simpson ($p=0,3427$) não houve diferença significativa na interação das plantas de cobertura verde com a fertilização do húmus (Tabela 26).

Tabela 26 – Análise de variância para o índice de equitabilidade de Pielou nas parcelas com diferentes coberturas vegetais e fertilização com húmus líquido. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, jan-fev/2018.

	Índice de Dominância Simpson		
	G.L.	Estat. F	P-valor
Espécie	3	0,7409	0,5414
Fertilização	1	0,5328	0,4840
Espécie * Fertilização	3	2,1956	0,1582
Bloco	3	0,7995	0,5102
Tratamentos	7	1,3161	0,3427
Resíduos	21		

O índice de Dominância Simpson determina a concentração da dominância das espécies mais abundantes (Figura 9).

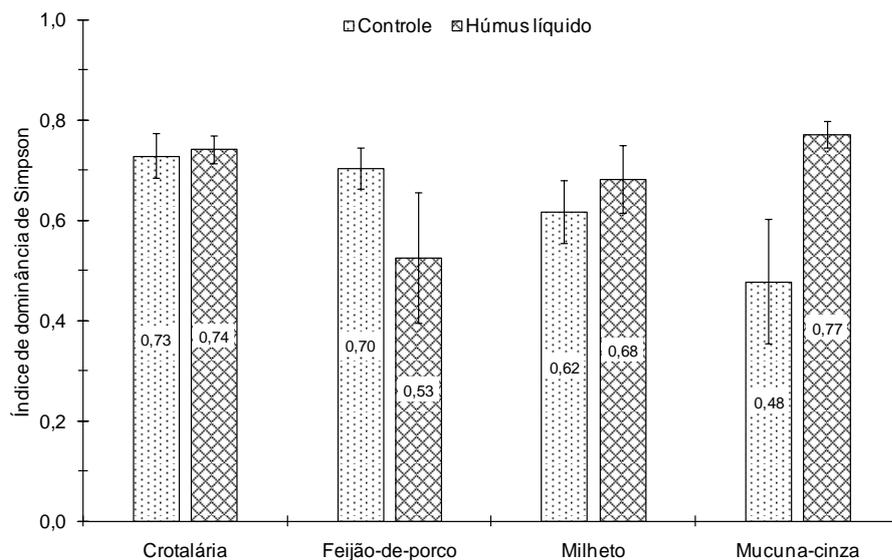


Figura 9 – Índice de dominância de Simpson ($m \pm dp$) na fauna edáfica do solo nas coberturas vegetais e fertilização com húmus líquido. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, jan-fev/2018.

Os índices de Pielou e Simpson sofrem variações em épocas com maior aporte de nutrientes para a macro e microfauna, épocas amostrais e com tipo de

sistemas de manejo de solo, principalmente em solos com coberturas vegetais (BALIN *et al.*, 2017).

4.3.5. Análise de componentes principais para a diversidade de ordens associados aos tratamentos

O manejo do solo com diferentes espécies de adubos verdes, associados ou não com o uso de húmus líquido, explicou 45,7% da variabilidade na abundância dos táxons amostrados, sendo 30,6% explicados no componente principal 1 e 15,1% no componente principal 2 (Figura10).

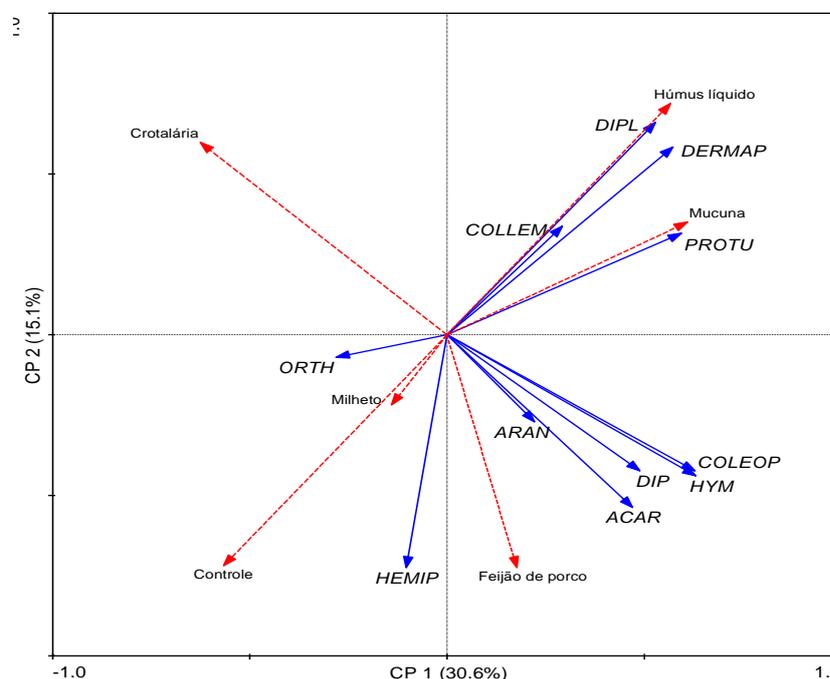


Figura 10– Análise de componentes principais da diversidade da mesofauna edáfica coletadas em armadilhas tipo pitfall em área com diferentes espécies de adubação verde e fertilização orgânica. Empresa Clima Temperado, Pelotas, RS, out-fev/2018. ACAR, Acari; ARAN, Araneae; COLEM, Collembola; COLEOP, Coleoptera; HYM, Hymenoptera; DIPL, Diplura; DIP, Diptera; ORTH, Orthoptera; DERM, Dermaptera; HEMIP, Hemiptera; PROTU, Protura.

Foram encontrados 10 táxons distintos: acari, araneae, coleoptera, collembola, dermaptera, diplura, díptera, hemíptera, hymenoptera e protura.

A mucuna-cinza e o uso do húmus líquido tiveram forte correlação positiva com os táxons Collembola, Diplura, Dermaptera e Protura, enquanto o feijão-de-porco teve correlação positiva com as ordens Hemiptera, Araneae, Acari, Diptera,

Hymenoptera e Coleoptera. A crotalária apresentou correlação negativa com essas mesmas ordens. A ordem Hemiptera também mostrou correlação positiva com as áreas controle, sem uso de húmus líquido, assim como a ordem Orthoptera. O milho foi pouco explicativo para a variabilidade dos diferentes táxons.

Pode-se observar que o grupo Collembola teve forte influência da mucunacina junto à fertilização do húmus, e são excelentes representantes da diversidade da fauna do solo (CASSAGNE *et al.*, 2003). E junto com os outros agrupamentos de organismos, eles podem estimular o crescimento da cobertura vegetal, propiciando melhorias nos aspectos químicos, físicos e microbiológicos do solo, e constituir em uma estratégia de monitoramento para indicar a qualidade ambiental, a partir da abundância relativa e da diversidade de grupos da fauna edáfica (ALMEIDA *et al.*; KAMAU *et al.*, 2017).

O manejo do solo com diferentes espécies de adubos verdes, associados ou não com o uso de húmus líquido, explicou 75,7% da variabilidade dos índices de diversidade, sendo 45,4% explicado no componente principal 1 e 30,3% explicado no componente principal 2 (Figura 11).

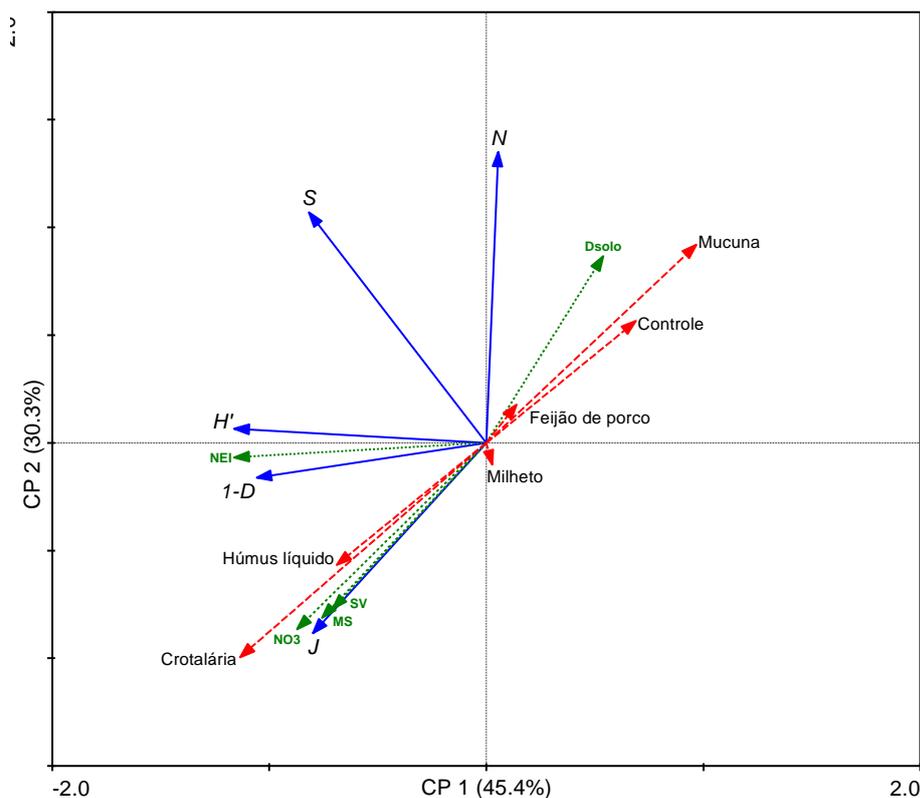


Figura 11 – Análise de componentes principais para os índices de diversidade da mesofauna edáfica coletadas em armadilhas tipo pitfall em área com diferentes espécies de adubação verde e fertilização orgânica, utilizando variáveis de biomassa, químicas e físicas do solo. Embrapa Clima Temperado,

Pelotas, RS, out-fev/2018. H', Índice de diversidade de Shannon; 1-D, Índice de dominância de Simpson; J, Índice de equitabilidade de Pielou; S, riqueza de táxons; N, abundância de espécies; NEI, nitrogênio extraível inorgânico ($\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$); NO_3 , nitrogênio nítrico inorgânico; SV, sólido voláteis do solo; Dsolo, densidade do solo; MS, massa seca dos adubos verdes.

Os maiores valores médios dos índices de Shannon, de Pielou e de Simpson se correlacionaram positivamente com a crotalária e com o uso do húmus líquido e de forma negativa com a mucuna-cinza e os tratamentos controle sem uso do húmus líquido. O cultivo do milho e do feijão-de-porco foram pouco efetivos em explicar os resultados, apresentando sempre valores próximos à média. Os valores da massa seca por m^2 dos adubos verdes, dos sólidos voláteis e de N-NO_3^- foram correlacionados positivamente com a crotalária e o uso de húmus líquido, enquanto os solos com maior densidade foram mais correlacionados com a mucuna-cinza e os tratamentos controle. A riqueza do número de táxons não foi afetada pelos tratamentos, porém a abundância média foi maior na mucuna-cinza e nos tratamentos sem húmus líquido.

A matéria orgânica do solo apresenta interação com os aspectos físicos, químicos e biológicos do solo, e é um dos indicadores-chaves para demonstrar a sensibilidade das alterações antrópicas no manejo dos solos (CHERUBIN *et al.*, 2015; COSTA *et al.*, 2020). Neste trabalho, as correlações positivas entre a aplicação de húmus líquido e os adubos verdes (Figura 11), propiciam resultado satisfatório ao agrupamento destas práticas conjuntas no manejo biológico do solo.

4.4. Componentes produtivos da abóbora

4.4.1. Massa fresca dos frutos

Não houve diferença significativa na interação das plantas de abóbora com as plantas de cobertura verde e a fertilização do húmus (Tabela 27).

Tabela 27– Análise de variância da massa fresca dos frutos da abóbora. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, fev/2018.

	Massa fresca		
	G.L.	Estat. F	P-valor
Espécie	3	0,4785	0,7051
Fertilização	1	0,0459	0,8340
Espécie *	3	0,5086	0,6838
Fertilização	3	0,5086	0,6838
Bloco	3	3,3966	0,0672
Tratamentos	7	0,3795	0,8972
Resíduos	21		

A massa média dos frutos de abóbora foi de 234,75g nos tratamentos consorciados com as plantas de adubo verde e a fertilização do húmus líquido e 225,42g nos tratamentos consorciados com as plantas de adubo verde, mas sem a adição do húmus líquido (Tabela28).

Tabela 28– Valores médios da massa fresca dos frutos da abóbora variedade BRS Tortéi (g/fruto) com influência das coberturas vegetais e da fertilização com húmus líquido. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, fev/2018.

	Massa fresca média de frutos							
	Controle			Húmus líquido			Médias marginais	
	Média	dp		Média	dp			
Crotalária	227,20	(±70,96)	Aa	161,90	(±44,05)	Aa	194,55	A
Feijão-de-porco	208,94	(±43,72)	Aa	255,25	(±26,76)	Aa	232,09	A
Milheto	199,93	(±73,70)	Aa	272,37	(±84,70)	Aa	236,15	A
Mucuna-cinza	265,61	(±74,15)	Aa	249,46	(±76,08)	Aa	257,53	A
Médias marginais	225,42		a	234,75		a		

*n=32; Médias seguidas por uma mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna não se diferenciam estatisticamente pelo Teste de Tukey à 5%.

Em específico para a abóbora-de-Tortéi, não existem relatos na literatura sobre os componentes produtivos, somente algumas características, como a que esta variedade pode produzir até 50 frutos por planta (HEIDEN; BARBIERI; NEITZKE 2006). Um dos fatores que pode explicar o baixo número de frutos pode ser o espaçamento da cultura, pois este fator se relaciona diretamente com o aumento do número de frutos (RESENDE; BORGES; GONÇALVES, 2013) e a falta de polinizadores, principalmente as abelhas nativas, pode acarretar na baixa produção de frutos, já que a abóbora é uma planta monóica e o sistema ecossistêmico de sua polinização é fundamental para sua existência (ÁVILA; MARCHINI, 2005).

Neste trabalho, o espaçamento foi de 2m entre fileiras e 1,5m entre plantas, o que pode ter ocasionado um menor número de frutos. Relatos para cultivares

pertencente à *Cucurbita maxima* indicam densidades maiores, com diferenciação no espaçamento entre fileiras, 4x1m (RESENDE; BORGES; GONÇALVES, 2013) com resultados mais expressivos na quantidade de frutos, massa fresca elevada e na produtividade.

Outros insetos, da ordem Coleoptera, como a vaquinha, *Diabrotica speciosa*, são visitantes florais da abóbora, podem ocasionar danos durante o ciclo da abóbora, afetando à produção das flores femininas, por se alimentarem de suas partes ou dos fotoassimilados (LIBERA *et al.*, 2017), com consequências diretas na produção e produtividade dos frutos, como observados durante o policultivo (Apêndice C).

Nota-se também valores bem abaixo dos encontrados na literatura para outras cultivares comerciais, com 2 a 3kg para a mesma espécie (RAMOS *et al.*, 2010), com predominância de frutos até 3kg (RESENDE; BORGES; GONÇALVES, 2013). Estes mesmos autores, afirmam que a forma de padronização e homogeneização da alimentação leva ainda, a uma dominação de estudos dentro da mesma família botânica, carecendo de dados sobre os benefícios da grande biodiversidade de plantas na alimentação.

Nem mesmo o fator fertilização, com a liberação de N, foi decisivo para o aumento da produção e produtividade da abóbora, no experimento em consórcio com os adubos verdes com e sem fertilização do húmus líquido. Supõe-se que ocorreu imobilização temporária do nitrogênio, o que justificaria o resultado em questão.

Estudos de Lim *et al.* (2015), afirmam que os vermicompostos devem ser colocados em concentrações apropriadas para obter o máximo rendimento de plantas, pois concentrações inapropriadas poderiam, paradoxalmente, levar a um crescimento mais lento das plantas e influenciar no desenvolvimento do fruto. Corroborando com os resultados encontrados neste estudo, Pelloso *et al.* (2019) também não encontraram interferência significativa sobre a produtividade e massa dos frutos da abóbora 'Menina Brasileira' consorciada com milho e crotalária, na região nordeste. Ao avaliar a quantidade de folhas e de frutos após a incorporação das leguminosas no solo, constatou-se que a mucuna-cinza mostrou melhores resultados para a variável quantidade de folhas e não se diferiu com a crotalária na variável quantidade de frutos, em estudo de FERREIRA *et al.* (2019).

Os valores baixos de pH e altos da densidade do solo, conforme discutidos acima, tiveram influência direta na baixa produção da massa fresca e na produtividade dos frutos da abóbora, combinadas aos adubos verdes e ao húmus líquido.

4.4.2. Produtividade dos frutos

Não houve diferença significativa não houve diferença significativa na interação das plantas de cobertura verde com a fertilização do húmus consorciadas com as plantas de abóbora (Tabela 29).

Tabela 29 – Análise de variância da produtividade média dos frutos da abóbora. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, fev/2018.

	Produtividade média dos frutos		
	G.L.	Estat. F	P-valor
Espécie	3	0,4979	0,6928
Fertilização	1	0,0232	0,8816
Espécie * Fertilização	3	0,3777	0,7708
Bloco	3	1,9594	0,1907
Tratamentos	7	0,4048	0,8816
Resíduos	21		

A produtividade média dos frutos de abóbora foi de 667,18kg ha^{-1} nos tratamentos consorciados com as plantas de adubo verde e a fertilização do húmus líquido e 700,88kg ha^{-1} nos tratamentos consorciados com as plantas de adubo verde, mas sem a adição do húmus líquido (Tabela 30).

Tabela 30– Valores médios da produtividade da abóbora (kg ha^{-1}) variedade BRS Tortéi com influência das coberturas vegetais e da fertilização com húmus líquido. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, fev/2018.

	Produtividade média de frutos							
	Controle			Húmus líquido			Médias marginais	
	Média	dp		Média	dp			
Crotalária	663,91	(±229,50)	Aa	416,79	(±232,30)	Aa	540,35	A
Feijão-de-porco	522,83	(±156,03)	Aa	841,88	(±213,82)	Aa	682,35	A
Milheto	895,21	(±670,60)	Aa	937,63	(±405,95)	Aa	916,42	A
Mucuna-cinza	721,56	(±321,90)	Aa	472,44	(±208,13)	Aa	597,00	A
Médias marginais	700,88		a	667,18		a		

*n=32; Médias seguidas por uma mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna não se diferenciam estatisticamente pelo Teste de Tukey à 5%.

O valor de pH 6,0 é considerado o ideal para a abóbora (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2016). É possível perceber a redução do pH quando comparada com a análise inicial (Tabela2), pois, antes do cultivo consorciado dos adubos verdes com a abóbora, o pH mantivera-se bem abaixo do ideal, o que pode ter ocasionado dificuldades no desenvolvimento e produtividade da espécie.

Em estudo de SANTOS *et al.* (2017), avaliou-se a produtividade das abóboras do híbrido experimental Cabotia HC02 IFGoiano consorciadas com diferentes adubos verdes, entre eles a *C. juncea* e culturas anuais (milho e girassol). Este estudo demonstra que estas foram prejudicadas em consócio comparado ao monocultivo, mesmo recebendo adubação de base no plantio. No presente experimento não houve adubação de base, devido ao manejo ecológico dos solos e, também, para permitir a observação do efeito da adubação verde atrelado ao húmus líquido de minhoca.

O fotoperíodo (dias curtos) e a temperatura (entre 28°C e 30°C) são um dos fatores que afetam diretamente o florescimento das flores de abóboras, pois favorecem maior quantidade de flores femininas do que as flores masculinas, interferindo diretamente na polinização das abelhas, e sua falta, em especial as abelhas nativas, é um fator decisivo para a que haja produtividade dos frutos (HORA *et al.*, 2018; CANE, TEPEDINO, 2001). Neste estudo, os valores de temperatura do ar foram bem abaixo dos citados acima, ocasionando em perdas diretas para a polinização e desenvolvimento dos frutos, bem como, no aumento da produtividade.

4.4.3. Diâmetro dos frutos

Não houve diferença significativa na interação das plantas de cobertura verde com a fertilização do húmus consorciadas com as plantas de abóbora ($p=0.3897$), conforme Tabela 31.

Tabela 31 – Análise de variância do diâmetro médio dos frutos da abóbora. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, fev/2018.

	Diâmetro médio dos frutos		
	G.L.	Estat. F	P-valor
Espécie	3	3,6714	0,0563
Fertilização	1	0,0002	0,9900
Espécie * Fertilização	3	0,2407	0,8663
Bloco	3	10,5416**	0,0027
Tratamentos	7	1,1633	0,3897
Resíduos	21		

Neste experimento, os valores médios para o diâmetro estão entre 6,0 e 7,3cm (Figura12).

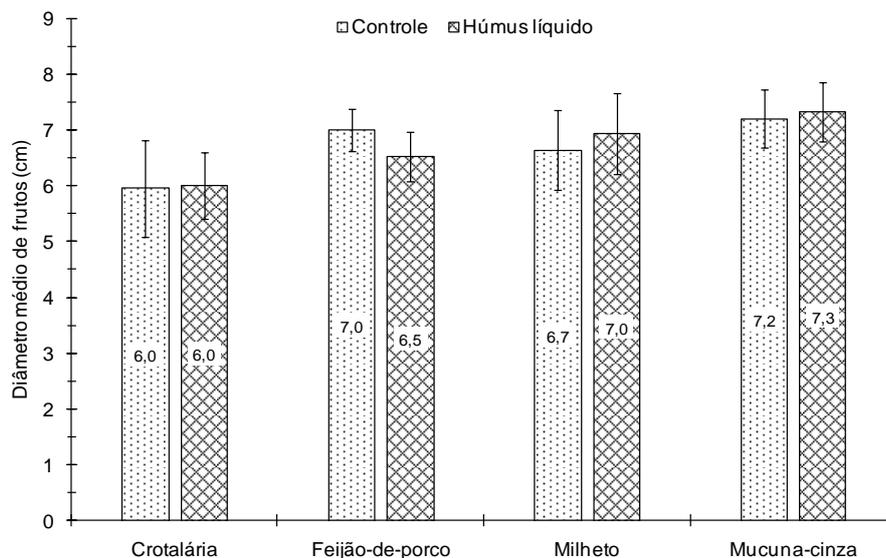


Figura 12– Valores médios do diâmetro da abóbora variedade BRS Tortéi com influência das coberturas vegetais e da fertilização com húmus líquido. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, fev. 2018.

Em média, as abóboras da variedade BRS Tortéi podem medir de 10 a 15cm, constituindo uma ótima opção para produção agroecológica e para a alimentação culinária, com durabilidade dos frutos até um ano, devido a dureza da casca desta variedade (HEIDEN; BARBIERI; NEITZKE, 2007).

Uma das vantagens de uma menor produção de massa fresca dos frutos da abóbora seria a comercialização em pequenos comércios, como as feiras agroecológicas, e de agregar valor na produção de receitas, já que esta variedade é utilizada na culinária italiana.

A agregação de valor nos produtos cultivados gera vantagens tanto para consumidores quanto para os produtores. Mesmo assim, ainda são encontrados problemas como falta de conhecimento nas unidades de produção familiares para as

etapas de processamento e planejamento na inserção de tecnologias na produção, com o objetivo de oferecer melhor qualidade nos produtos e gerar receitas mais lucrativas ao longo da cadeia (SANCHES *et al.*, 2017).

A baixa precipitação nos meses iniciais do experimento (Anexo A) afetou os componentes de produção da abóbora, não disponibilizando nutrientes essenciais para as atividades fisiológicas e bioquímicas necessárias para completar o seu ciclo evolutivo com maiores quantidades de massa nos frutos; bem como as temperaturas fora do ideal para a ocorrência da polinização.

Diante de tudo o que foi exposto, vale reforçar, junto a premissa e desenvolvimento deste trabalho, que

Na Agroecologia não existem receitas, mas somente conceitos. Os conceitos básicos são agregar o solo, protegê-lo contra superaquecimento e o impacto das chuvas, aumentar a biodiversidade, tanto pela diversificação das culturas plantadas, como pelo uso de plantas varietais (em contraste a variedades híbridas) e até variedades diferentes, aumentar o sistema radicular horizontal e vertical e manter a saúde vegetal para alimentação (PRIMAVESI, 2016, p.10).

Considerando os fatos mencionados acima, as espécies de leguminosas junto com o húmus apresentaram interação positiva na dinâmica do solo, respondendo parcialmente as relações entre elas junto ao consórcio com as abóboras, influenciados diretamente pelas condições externas ao estudo (variáveis meteorológicas).

5 Considerações finais

Com um intuito de compreender a interação de plantas de cobertura verde com a abóbora de origem crioula, variedade BRS Tortéi, associadas com a fertilização do húmus líquido de minhoca, o presente trabalho considera que as combinações entre as espécies não foram satisfatórias em termos produtivos, tendo em vista o curto período do policultivo.

A combinação entre o húmus e os adubos verdes, por um período maior de tempo, consorciando com plantas alimentícias de inverno e verão, podem ser uma combinação viável para novos estudos e descobertas dos seus efeitos nas práticas agroecológicas do manejo dos solos.

Para alguns atributos do solo, foi possível verificar valores baixos de pH, aumento na densidade, reduzida diversidade de organismos da fauna edáfica no solo, o que afetou diretamente o crescimento das plantas em conjunto, mesmo com aplicação de húmus líquido de minhoca.

Em contraponto, o incremento de material orgânico proveniente dos adubos verdes no solo com a fertilização do húmus líquido de minhoca, com destaque para a crotalária juncea e a mucuna-cinza, apresentou potencial benéfico em termos de biomassa verde, matéria orgânica, teores de nitrogênio orgânico e mineral no solo para o manejo ecológico do solo.

Por fim, a continuação, perpetuação e resiliência dos conhecimentos e saberes praticados na Agroecologia através das experimentações *in situ* junto aos agricultores familiares de base ecológica, é uma das formas de encorajar estudos como este, para a conservação da agrobiodiversidade nos agroecossistemas familiares.

Referências

- AIRA, M. **Efectos de lãs lombrices de tierra em la bioquímica de la degradación de la matéria orgánica**. 2005. 329 p. Tese (Doutorado em Biología) –Departamento de Ecoloxía e Bioloxía Animal, Universidade de Vigo, España, 2005.
- ALGERI, A. *et al.* Produção de Biomassa e cobertura do solo por milheto, braquiária e crotalária cultivados em cultura pura e consorciada. **Revista Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 11, n. 2, p. 112-125, 2018.
- ALMEIDA, H. S; SILVA, R. F; GROLLI, A, L; SCHEID, D. L. Ocorrência e diversidade da fauna edáfica sob diferentes sistemas de uso do solo. **Revista Brasileira Técnica Agropecuária**. v.1, p.15- 23, 2017.
- ALTAMMN, N. **Plantio direto no cerrado: 25 anos acreditando no sistema**. Passo Fundo: Aldeia Norte Editora, 2010, 568 p.
- ALTIERI, M. A.; SILVA, E. N.; NICHOLLS, C. O papel da biodiversidade no manejo de pragas. Ribeirão Preto, SP: **Holos**, p. 201-202, 2003.
- ALVES, C. **A importância do crédito para o desenvolvimento econômico e social**. 2009. Disponível em <https://www.webartigos.com/artigos/a-importancia-do-credito-para-o-desenvolvimento-economico-e-social/27633>. Acesso em: 05 de nov.2019.
- AMADO, T. J. C. *et al.* Adubação verde na produção de grãos e no sistema de plantio direto. In: LIMA FILHO, O. F. de; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. (Ed.). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. v. 2, p. 81-125.
- AMARO, G. B. *et al.* **Recomendações técnicas para o cultivo de hortaliças em agricultura familiar**. Circular Técnica, n 47, Embrapa Hortaliças. (INFOTECA-E), 2007. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/781607>>. Acesso em 13 fev. 2020.
- AMARO, G. B. *et al.* **Recomendações técnicas para o cultivo de abóbora híbrida do tipo japonesa**. Circular técnica, EMBRAPA. Brasília, DF. 2014.
- AMBROSANO, E. J. *et al.* Caracterização de cultivares de mucuna quanto a produtividade de fitomassa, extração de nutrientes e seus efeitos nos atributos do solo. **Cadernos de Agroecologia**, v. 11, n. 2, p. 1-10, 2016.
- AMBROSANO, E. J. *et al.* Nitrogen supply to corn from sunn hemp and velvet bean green manures. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 66, n. 3, p. 386-394, 2009.
- ANDREOLA, F. *et al.* A cobertura vegetal de inverno e a adubação orgânica e, ou, mineral influenciando a sucessão feijão/milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 867-874, 2000.

ARTEAGA, M. *et al.* Influencia de la aplicación foliar Del bioestimulante Liplant sobre algunos indicadores biológicos Del suelo. **Revista de Protección Vegetal**, v. 22, n. 2, p. 110-117, 2007.

ARAÚJO, S. L. *et al.* Avaliação participativa de variedades crioulas de milho com os agricultores familiares do Cariri Paraibano. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA**, 7., Fortaleza, Ceará. Anais... Fortaleza, 2011.

ARAUJO, T. dos. *et al.* Biomassa e atividade microbiana em solo cultivado com milho consorciado com leguminosas de cobertura. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 2, p. 51–60, 2019.

ASSIS, R. L. *et al.* Produção de Biomassa, acúmulo de nitrogênio por plantas de cobertura e efeito na produtividade do milho safrinha. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 16, p. 1769- 1775, 2013.

BAI, Z. *et al.* Effects of agricultural management practices on soil quality: A review of long-term experiments for Europe and China. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 265, p. 1–7, 2018.

BALIEIRO, F. de. C. *et al.* Insumos biológicos. In: FREIRE et al.(Coord.). **Manual de calagem e adubação do estado do Rio de Janeiro**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 430 p.

BALIN, N. M. *et al.* Fauna edáfica sob diferentes sistemas de manejo do solo para produção de cucurbitáceas. **Revista Scientia Agraria**, Curitiba, v.18, n. 3, p.74-84, 2017.

BARBIERI, R. L. A diversidade de abóboras no Brasil e sua relação histórica com a cultura. Alimentação e cultura. **Slow Food**. (2012). Disponível em: <<http://www.slowfoodbrasil.com/textos/alimentacao-e-cultura/501-aboboras-e-cultura>>. Acesso em: 19 mai. 2020.

BREVIK, E. C. *et al.* The interdisciplinary nature of SOIL. **Soil**, v. 1, n. 1, p. 117-129, 2015.

BERTOLINO, K. M. **Consórcio de crotalária e milho: Produção de biomassa e características físicas do solo**. Lavras, MG. 99 f. Dissertação (Mestrado) – Pós Graduação em Agronomia/Fitotecnia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2019.

BERTRAND, M. *et al.* Earthworm services for cropping systems. A review. INRA and Springer-Verlag France 2015. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 35, p. 553-567, 2015.

BEZERRA, R. U. *et al.* Produção e qualidade da abóbora maranhão sob influência de lâminas de irrigação e doses de nitrogênio. **Irriga**, Botucatu, v. 25, n. 1, p. 87-101, 2020.

BIABANI, A. Agronomic performance of intercropping wheat cultivars. **Asian Journal of Soil Science**, v. 8, p. 78-81, 2009.

BORTOLINI, C. G.; SILVA, P. R.; ARGENTA, G. Sistemas consorciados de aveia preta e ervilhaca comum como cobertura de solo e seus efeitos na cultura do milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 897-903, 2000.

BRAAK. C J F; ŠMILLAUER. P. **CANOCO Reference Manual and Cano Draw for Windows User's Guide**: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5). It haca. NY: Microcomputer Power. 2002.

BRASIL. Lei nº 10.711, de 5 de agosto de 2003. **Dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudanças e dá outras providências**. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2003/lei-10711-5-agosto-2003-403353-publicacao-original-s-1-pl.html>>. Acesso em 13 fev.2021.

BURG, I. C.; MAYER, P. H. Alternativas ecológicas para prevenção e controle de pragas e doenças. 31 ed., revisada e atualizada, Francisco Beltrão: **Grafit Gráfica e Editora Ltda**, p.40-61, 2009.

CALEGARI, A. *et al.* Aspectos gerais da adubação verde. In: COSTA, M. B. B. da. (Coord). **Adubação verde no sul do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa. p.1-56,1993.

CALEGARI, 1992. CALEGARI, A. **Leguminosas para adubação verde no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1995. 118p. (IAPAR. Circular 80).

CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. **Agroecologia: alguns conceitos e princípios**. Brasília: MDA: SAF: DATER-IIICA. 2004.

CARVALHO. A. M. X. *et al.* SPEED Stat: a free intuitive and minimalist spreadsheet program for statistical analyses of experiments. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.20, n.3: e327420312, 2020.

CARVALHO, W. P. *et al.* Desempenho agrônomo de plantas de cobertura usadas na proteção do solo no período de pousio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.48, n.2, p.157-166, 2013.

CASADO, G. G; MOLINA, M. G. de.; GUZMÁN, E. S. **Introducción a la agroecología como desarrollo rural sostenible**. Madrid:Mundi-Prensa, 2000. 535p.

CASSAGNE, N.; GERS, C.; GAUQUELIN, T. Relationships between Collembola, soil chemistry and humus types in forest stands. **Biology and Fertility of Soils**, v.37, p.355-361, 2003.

CASTRO, C. M; ALVES, B. J. R.; ALMEIDA, D. L.; RIBEIRO, R. L. D. Adubação verde como fonte de nitrogênio para a cultura da berinjela em sistema orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.8, p.779-785, 2004.

- CHERUBIN, M. R. *et al.* Qualidade física, química e biológica de um Latossolo com diferentes manejos e fertilizantes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.39, p.615-625, 2015.
- CLUZEAU, D. *et al.* Integration of biodiversity in soil quality monitoring: Baselines for microbial and soil fauna parameters for different land-use types. **European Journal of Soil Biology**, Paris, v.49, p.63-72, 2012.
- COBO, J. G. *et al.* Decomposition and nutrient release by green manures in a tropical hillside agroecosystem. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.24, p.331-342, 2002.
- CORREIA, J. E. **Caracterização físico-química e microbiológica do lodo gerado na Estação de Tratamento de Esgoto Contorno**. Feira de Santana, BA. 94 f. Dissertação (Mestrado) – Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2009.
- COSTABEBER, J. A.; MOYANO, E. E. Transição agroecológica e ação social coletiva. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, v.1, n.4, p. 50-60, 2000.
- COSTA, F. V. *et al.* Produção científica e princípios da Educação em Agroecologia. **Desenvolvimento Meio Ambiente**, v.55, Edição Especial – Sociedade e ambiente no Semiárido: controvérsias e abordagens, p.538-555, 2020.
- CUNHA, N. G.; SILVEIRA, R. J.; COSTA, F. A. **Estudos de solos da Estação Experimental Cascata**. Circular Técnica n.183, Embrapa, 2017.
- CUNHA, E. Q. *et al.* Physical, chemical and biological attributes of soil under organic production as impacted by crop systems. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, p.56–63, 2012.
- CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P. Nitrogen supply for cover crops and effects on peanut grown in succession under a no-till system. **Agronomy Journal**, v.101, p.40-46, 2009.
- CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; ALBUQUERQUE FILHO, R. de. **Rotação de culturas**. AGEITE - Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Brasília, 2014. Disponível em <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONT000fy779fnk02wx5ok0pv>. Acesso em: 23 set. 2019.
- DEVIDE, A. C. P. *et al.* Produtividade de raízes de mandioca consorciada com milho e caupi em sistema orgânico. **Bragantia**, v. 68, n.1, p.145-153, 2009.
- ECHER, R. **Produção e aplicação de húmus líquido e seu efeito nas propriedades químicas do solo**. 88f. 2016. Dissertação (Mestre em Agronomia) - Programa de Pós Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, da Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2016.

EDWARDS, C.A.; ARACON, N.Q.; SHERMAN, R. (ED.). The use and effects of aqueous extracts from vermicomposts or teas on plant growth and yields. In: **Vermiculture technology: earthworms, organic wastes, and environmental management**. Boca Raton: CRC Press, p.235-248, 2010.

EQUIPE ESTATCAMP. **Software Action. Estatcamp- Consultoria em estatística e qualidade**. São Carlos - SP. Brasil. 2014. Disponível em: <<http://www.portalaction.com.br/ter.>> Acesso 20 de dez de 2020.

EMBRAPA. **Marco referencial em Agroecologia**. Brasília: Embrapa, 2006. 70 p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. Rio de Janeiro, 2 ed., 1997, 212p.

FAO, 2015. **Ano Internacional dos solos** <<http://www.fao.org/pulses-2016/es/>> Acesso em 06 set. 2019.

FEPAGRO – **Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária. Boletim técnico da fundação estadual de pesquisa agropecuária**. n.12, 2003. (Boletim técnico, 12).

FERNANDES, G. B. Sementes crioulas, variedades e orgânicas para a Agricultura Familiar: da exceção legal à política Pública. Capítulo 11 In: __SAMBUICHI, R. H. R. *et al.*, **A política nacional de Agroecologia e produção orgânica no Brasil: uma trajetória de luta pelo desenvolvimento rural sustentável**– Brasília: Ipea, 2017.

FERNANDES, V. C. (2019) **Calagem, gessagem, culturas de cobertura e adubação nitrogenada em sistema plantio direto: características químicas do solo, estado nutricional e produtividade do milho**. 59 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira.

FERREIRA, G. M. **Avaliação quantitativa da biomassa fresca produzida pelas leguminosas como adubos verdes**. In: _AGUILERA; ZUFFO, Ciências agrárias [recurso eletrônico]: campo promissor em pesquisa 4. Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Ciências Agrárias. Campo Promissor em Pesquisa; v. 4). Disponível em: <https://www.finersistemas.com/atenaeditora/index.php/admin/api/artigoPDF/17824>>. Acesso 13 fev. 2020.

FERREIRA, E. P de. B *et al.* Produtividade do feijoeiro comum influenciada por plantas de cobertura e sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 7, p.695-701, 2011.

FERREIRA, E. P. B.; MARTIN-DIDONET, C. C. G.. Mulching and cover crops effects on the soil and rhizosphere-associated bacterial communities in field experiment. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v. 14, p. 671-681, 2012.

FIDALSKI, J.; CHAVES, J. C. D. Respostas do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) IAPAR-59 à aplicação superficial de resíduos orgânicos em um latossolo vermelho distrófico típico. **Coffee Science**, v.5, p.75-86, 2010.

FILGUEIRA, F. A. R. Cucurbitáceas, pepino e outras hortaliças fruto. In: FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**. Viçosa: UFV Editora, 2008. 418 p.

FISCHER, S. Z. **Caracterização morfológica, etnografia e potencialidade para uso ornamental de variedades crioulas de abóboras do Rio Grande do Sul**. 116f. 2012. Tese (Doutor em Agronomia) - Programa de Pós Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, da Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2012.

FLORES, A. S.; MIOTTO, S. T. S. Aspectos fitogeográficos das espécies de *Crotalaria* L. (Leguminosae, Faboideae) na Região Sul do Brasil. **Acta Botanica Brasílica**, v.19, n.2, p.245-249, 2005.

GATIBONI, L. C. *et al.* Modificações na fauna edáfica durante a decomposição da palhada de centeio e aveia preta, em sistema de plantio direto. **Biotemas**, v.22, n.2, p.45-53, 2009.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2001.

GOMES, M. A. F; FILIZOLA, H. F. Indicadores físicos e químicos de qualidade de solo de interesse agrícola. **Embrapa Meio Ambiente**, Jaguariúna, 2006. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Gomes_Filizola_indicadoresID-u1keja1HAN.pdf> Acesso 20 dez. 2020.

HEIDEN, G.; BARBIERI, R. L.; NEITZKE, R.S. 2007. **Chaves para a identificação das espécies de abóbora (*Cucurbita*, *Cucurbitaceae*) cultivadas no Brasil**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado. 31p. (Documentos, 197).

HOEHNE, L. *et al.* Efeito de Diferentes Proporções de húmus no solo na qualidade nutricional de cultivos de morangos. **Horticultura Brasileira**, v.38, n.1, 2020.

HORA, R.C.; CAMARGO, J.; BUZANINI, A.C. Cucurbitáceas e outras. In: BRANDÃO FILHO, J. U. T.; FREITAS, P. S. L.; BERIAN, L. O. S.; GOTO, R. **Hortaliças-fruto [online]**. Maringá: EDUEM, p.71-111, 2018.

JACOBSEN, S. E. *et al.* Using our agrobiodiversity: plant-based solutions to feed the world. **Agronomy for Sustainable Development**, v.33, n.651, 2013.

JANDREY, W. F. **Produção de biomassa vegetal e fertilização com húmus líquido como estratégia técnica em sistemas de produção de base ecológica**. 111f. 2019. Tese (Doutor em Agronomia) - Programa de Pós Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, da Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2019.

JUCEVICĀ, E., MELECIS, V. Global warming affect Collembola community: A long-term study. **Pedobiologia**, v. 50, p. 177–184, 2006.

KAMAU, S. Soil macrofauna abundance under dominant tree species increases a long a soil degradation gradient. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 112, p. 35-46, 2017.

KHATOUNIAN, C. A. Capítulo IV. A Fertilidade do Sistema. In: ____ **A reconstrução ecológica da agricultura**. Botucatu: Agroecológica. p. 155-201, 2001.

LEITE, J. *et al.* Avaliação participativa de ensaio com variedades de milho crioulo no município de Casserengue - PB. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA**, 7., Fortaleza, Ceará. Anais... Fortaleza, 2011.

LIBERA, D. D.; TIRONI, S. P.; RADNUZ, A. L.; TRAMONTIN, M. A. Diversidade Populacional de artrópodes na cultura da abobrinha utilizando armadilhas do tipo Moerick e Pitfall. **AGRARIAN ACADEMY, Centro Científico Conhecer** - Goiânia, v.4, n.7; p.176-184, 2017.

LIM, S. L. *et al.* The use of vermicompost in organic farming: overview, effects on soil and economics. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 95, p. 1143-1156, 2015.

LIMA, M. S. C. S.; SOUZA, C. A. dos S.; PEDERASSI, J. Qual Índice de Diversidade Usar? **Cadernos UniFOA**, Volta Redonda, n. 30, p. 129-138, 2016. Disponível em: <revistas.unifoa.edu.br.> Acesso em: 14 dez. 2020.

LOPES, O. M. N. **Feijão-de-porco leguminosa para controle de mato e adubação verde do solo**. Recomendações Técnicas, n.12, Embrapa Amazônia Oriental, 2000.

MACHADO, D. F.; CONFESSOR, J. G.; RODRIGUES, S. C. Processo inicial de recuperação de área degradada a partir de intervenções físicas e utilização de leguminosas. I Simpósio Mineiro de Geografia das Diversidades à Articulação Geográfica. Universidade Federal de Alfenas – MG- p. 196 – 210, 2014

MASCIANDARO, G. *et al.* Fertigation with wastewater and vermicompost: Soil biochemical and agronomic implications. **Pedosphere**, v. 24, n.5, p.625–634, 2014.

MATEUS, G. P.; WUTKE, E. Espécies de leguminosas utilizadas como adubos verdes. **Pesquisa e Tecnologia**, v.3, n. 1, p.1-15, 2006. Disponível em:<<http://www.aptaregional.sp.gov.br/acesse-os-artigos-pesquisa-e-tecnologia-edicao-2006/2006-janeiro-junho/269-especies-de-leguminosas-utilizadas-como-adubos-verdes/file.html>>. Acesso em: 11 set. 2019.

MISSIO, E. L.; DEBIASI, H.; MARTINS, J. D. Comportamento de leguminosas para cobertura do solo, adubação verde e controle de plantas daninhas. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 10, n. 1-2, p. 129-136, 2004.

MOREIRA, R. M.; CARMO, J. D. S. do. Agroecologia na construção do desenvolvimento rural sustentável. **Agricultura**, v. 51, n.2, p.37-56, 2004.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. [s.l: s.n., 2006.

MORSELLI, Tânia Beatriz Gamboa Araújo. **Biologia do solo**. Pelotas: Ed. Universitária UFPel/PREC., 2009, 146 p.

NORDER, L. A.; LAMINE, C.; BELLON, S.; BRANDENBURG, A. AGROECOLOGIA: polisssemia, pluralismo e controvérsias. **Ambiente & Sociedade**, v.XIX, n.3, p.1-20, 2016.

OHLAND, T. *et al.* Influência da densidade do solo no desenvolvimento inicial de pinhão-manso cultivado em Latossolo Vermelho eutroférico. **Revista Ceres, Viçosa-MG**, v.61, n.5, p.622-630, 2014.

OLIVEIRA FILHO, L. C. I; BARRETTA, D; SANTOS, J. C. P. Influência dos processos de recuperação do solo após mineração de carvão sobre a mesofauna edáfica em Lauro Müller, Santa Catarina, Brasil. **Revista Biotica**, v.27, p.69-77, 2014.

OLIVEIRA, J. D. S; ALVES, J. B.; ZARATIN, C. Tratamento para incrementar, acelerar e sincronizar a emergência de plântulas de mucuna-preta. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 48, n. 3, p.531-539, 2017.

OLIVEIRA, J. R.; BOTELHO, M. I. V. Transição Agroecológica em meios de vida: Conhecimentos e *práxis* de educandos das Escolas Famílias Agrícolas (EFAs). **Revista ESPACIOS**, v.38, nº35, p.26-39, 2017. Disponível em <<http://www.revistaespacios.com/a17v38n35/a17v38n35p26.pdf>>. Acesso em: 10 dez de 2018.

OLIVEIRA, M. S. P. *et al.* **Densidade e comprimento radicular de crotalária e milho em camadas compactadas de solo**. In: V CONGRESSO ESTADUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DO IF GOIANO – CAMPUS IPORÁ, 2016, Iporá, GO. Anais... Iporá, GO:21 a 23 de setembro de 2016, p.1-2.

ONU, 2016. **Ano Internacional das Leguminosas**. Disponível em https://nacoesunidas.org/?post_type=post+ano+internacional+das+leguminosas. Acesso em 29 jul. 2019.

OVALLE, C. *et al.* Estimating the contribution of nitrogen from legume cover crops to the nitrogen nutrition of grapevines using a 15N dilution technique. **Plant Soil**, v. 334, p.247-259, 2010.

PADOVAN, M. P. *et al.* **Estádio mais adequado de manejo do milho para fins de adubação verde**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2011, 6p. (Comunicado técnico, 171).

PELLOSO, M. F. *et al.* Desempenho agrônômico da abóbora ‘menina brasileira’ em função de adubação verde e sistemas de plantio. XI EPCC. **Anais Eletrônico**. p.1-4, 2019. Disponível em: <<http://rdu.unicesumar.edu.br/handle/123456789/4128>>. Acesso: 13 Dez 2020.

PEREIRA, J.; BURLE, M. L.; RESCK, D. V.S. 1992. Adubos verdes e sua utilização no cerrado. In: **SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO NO CERRADO**, 1990, Goiânia, GO. Anais... Campinas: Fundação Cargil. p.140-154.

PEREIRA FILHO, I. A. *et al.* **Manejo da Cultura do Milheto**. Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 17 p. (Circular Técnica, 29).

PEREIRA, D. C.; NETO, A. W.; NÓBREGA, L. H. P. Adubação Orgânica e algumas aplicações agrícolas. **Scientia Agrárias**, v.03, n 02, p.159-174, 2013.

PETERSEN, P.; ALMEIDA, S. G. **Rincões transformadores: trajetória e desafios do movimento agroecológico brasileiro – uma perspectiva a partir da Rede PTA (versão provisória)**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 2006. 54 p.

PETERSEN, P. *et al.* Sementes ou grãos? Lutas para a desconstrução de uma falsa dicotomia. **Revista Agriculturas**, v. 10, n. 1. p. 36-45, 2013. Disponível em: <<https://goo.gl/l6pW7R>>. Acesso em: 13 mar. 2020.

PITOL, C. *et al.* Uso de adubos verdes nos sistemas de produção no Bioma cerrado. In: CARVALHO, A. M. de; AMABILE.F. R. (Eds.). **Cerrado: Adubação verde**. Brasília: CPAC, 2006. p.301-330.

PFLUG, A.; WOLTERS, V. 2002. Collembola Communities along a European Transect. **European Journal of Soil Biology**, v. 38, p.301-304, 2002.

PRIORI, D. *et al.* Caracterização morfológica de variedades crioulas de abóboras (*Cucurbita maxima*) do sul do Brasil. **Rev. Ceres**, Viçosa, v. 65, n.4, p. 337-345, jul/ago, 2018.

PRIMAVESI, A. A Matéria Orgânica. In:____ **O Manejo Ecológico do Solo: agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel, p.131- 134, 1992.

PRIMAVESI, A. **O solo. A base da vida em nosso globo**. n.14, p. 1–13, 2016.

QUAN, Q. *et al.* Forest type affects the coupled Relationships of soil C and N mineralization in the temperate forests of northern China. **Nature Scientific Reports**, v. 4, n. 6584, 2015.

RAVANI, A.; JOSHI, D. C. Processing for Value Addition of Underutilized Fruit Crops. **Trends Post harvest Technology**, v. 2, p.15-21, 2014.

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência & Ambiente**, p.26-48, jul/dez. 2003.

REINERT, D. J. *et al.* **Qualidade física dos solos**. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA. 16., Aracaju, 2006. Palestras. Aracaju, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. CD-ROM.

RESENDE, G. M; BORGES, R. M. E.; GONÇALVES, N. P. S. Produtividade da cultura da abóbora em diferentes densidades de plantio no Vale do São Francisco. **Horticultura Brasileira**, v. 31, p.504-508, 2013.

REZENDE, A. V. *et al.* **Cultivo do milho**. Embrapa Milho e Sorgo, Sistema de produção, 2016.

REYNOLDS, W. *et al.* Saturated and field-saturated water flow parameters. In: Dane, J.H., Topp, G. (Eds.) **Methods of Soil Analysis**: Part 4. Soil Sci. Society of America, Inc., Madison, Wisconsin, USA, pp. 797–843, 2002.

RIBAS, R. G. T. *et al.* Decomposição, liberação e volatilização de nitrogênio em resíduos culturais de mucuna-cinza (*Mucuna cinerea*). **Ciência agrotecquina**, Lavras, v. 34, n. 4, p. 878-885, 2010.

RIBAS, R. G. T. *et al.* **Adubação verde na forma de consórcio no cultivo do quiabeiro sob manejo orgânico**. Seropédica, RJ, dez. 2002. (Comunicado Técnico 54).

RIBEIRO JÚNIOR, W. Q.; RAMOS, M. L. G. Fixação biológica de nitrogênio em espécies para adubação verde. In: CARVALHO, A. M. de; AMABILE, R. F. (Ed.). **Cerrado: adubação verde**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. p.171-210.

RODRIGUES, A. S. L. *et al.* Organic waste vermicomposting through the addition of rock dust inoculated with domestic sewage wastewater. **Journal of Environmental Management**, v. 1, n. 196, p. 651-658, 2017.

SAMBUICHI, R. H. R. *et al.* **A política nacional de Agroecologia e produção orgânica no Brasil: uma trajetória de luta pelo desenvolvimento rural sustentável**– Brasília: Ipea, 2017.

SAMBUICHI, R. H. R. *et al.* **Sustentabilidade ambiental da agropecuária brasileira: impactos, políticas públicas e desafios**. Ipea, 2012. (Texto para Discussão, n. 1782).

SANTILLI, J. Lei de Sementes brasileira e os seus impactos sobre a agrobiodiversidade e os sistemas agrícolas locais e tradicionais. Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. **Ciências Humanas**, Belém, v. 7, n. 2, p. 457-475, 2012.

SANTOS, L. J. dos *et al.* Produtividade de abóbora cabotiá cultivada em consórcio e monocultivo. **Scientia Agraria. Paraná**. Marechal Cândido Rondon, v. 16, n. 4, out./dez., p. 516-520, 2017.

SANTOS, I. C.; SEDIYAMA, M. A. N.; PEDROSA, M. W. **Adubação verde no cultivo de hortaliças**. Circula Técnica, n.179, Viçosa, EPAMIG. 6p. 2013.

SANTOS, M. R. *et al.* Rendimento, qualidade e absorção de nutrientes pelos frutos de abóbora em função de doses de biofertilizante. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 1, p. 160-167, 2012.

SAUER, S.; LEITE, S. P. Expansão agrícola, preços e apropriação de terra por estrangeiros no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 50, n. 3, p. 503-524, 2012.

SCIVITTARO, W. .; *et al.* Utilização de nitrogênio de adubos verde e mineral pelo milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 917-926, 2000.

SCHIEDECK, G. *et al.* **Preparo e uso de húmus líquido: opção para adubação orgânica em hortaliças**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008. 4p. (Comunicado Técnico, 195).

SCHIEDECK, G. *et al.* **Minhocultura: produção de húmus**. ABC da Agricultura Familiar 38. Embrapa, Brasília, 2014.

SCRIMGEOUR, C. **Soil Sampling and Methods of Analysis (Second Edition)**. Edited by M. R. Carter and E. G. Gregorich. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, v. 44, p.1224, 2008.

SHARIFI, M. *et al.* Effect of green manure and supplemental fertility amendments on selected soil quality parameters in an organic potato rotation in Eastern Canada. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.100, n. 2, p.135–146, 2014.

SHANNON, C. E. **The mathematical theory of communication**, p.3-91, 1948. In:

SHANNON, C. E.; WEAVER, W. (Eds). **The mathematical theory of communication**. Urbana, University Illinois Press, 1948, 117p.

SIMPSON, E. H. Measurement of diversity. **Nature**, v. 163, p. 688-688, 1949.

SIMS, G.K., ELLSWORTH, T.R.; MULVANEY, R.L. Microscale determination of inorganic nitrogen in water and soil extracts. **Soil Sci. Plant Anal**, v. 26, p.303–316, 1995.

SEDIYAMA, M. A. N.; SANTOS, I. C.; LIMA, P. C.; Cultivo de hortaliças no sistema orgânico. **Rev. Ceres**, Viçosa, v. 61, Suplemento, p.829-837, 2014.

SILVA, E. *et al.* Pesquisa participativa para avaliação e seleção das Sementes da Paixão junto às famílias agricultoras na Paraíba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 7., Fortaleza, Ceará. Anais... Fortaleza, 2011.

SILVA, M. O. *et al.* Qualidade do solo: indicadores biológicos para um manejo sustentável. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.1, p. 6853-6875, 2021.

SILVA, R. C. P. Adubação verde com espécie espontânea **no consórcio de cenoura e alface em bicultivo sob diferentes quantidades de biomassa e arranjos espaciais**. 2014, p.71. Dissertação de Mestrado em Fitotecnia. Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

SILVA, F. C. da. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Comunicação para a Transferência de Tecnologia, 1999. 370 p.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do RS e SC.** [s.l.: s.n.]. v. 10 ed.

SOUZA, L. H. *et al.* Efeito do pH do solo rizosférico e não rizosférico de plantas de soja inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum* na absorção de boro, cobre, ferro, manganês e zinco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 1641–1652, 2010.

SOUZA, J. L. de; RESENDE, P. **Manual de Horticultura Orgânica.** Viçosa: Aprenda Fácil. 2003. 564 p.

TAIZ, L; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** Universitat Jaume I, 2006.

TEIXEIRA, N. T. Ácido Húmicos aumentam a eficiência do NPK. **Revista Campo e Negócio Hortifrúti**, Uberlândia, n. 143, p. 52-54, 2017.

TEDESCO, M. J. *et al.* **Análise de solo, plantas e outros materiais.** Porto Alegre: Editora UFRGS, 1995. 174p.

TEODORO, R. B. *et al.* Aspectos agronômicos de leguminosas para adubação verde no Cerrado do Alto Vale do Jequitinhonha. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 2, abr. 2011.

TEODORO, M. S. **Adubação Verde.** Embrapa Meio-Norte/UEP Parnaíba. Terezina-PI. p.1-2, 2017. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/158368/1/Folder-Adubacao-verdenovo.pdf>>. Acesso em: 30 ago. 2019.

TERBRAAK, J. F.; ŠMILLAUER, P. **Canoco reference manual and CanoDraw for Windows user's guide.** p. 500, 2002.

TIEMANN, L.K. *et al.* Crop rotational diversity enhance belowground communities and functions in an agroecosystem. **Ecol. Lett.**, v.18, p.761-771, 2015. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/ele.12453>>. Acesso 07 fev. 2021.

TOLEDO, V. M.; QUIROZ, D. A. Agroecologia é uma revolução epistemológica. **Agriculturas**, v.13, n.1, p. 42-45, 2016.

TRANI, P. E. *et al.* **Adubação Orgânica de Hortaliças e Frutíferas.** IAC. Instituto Agrônomo de Campinas. Campinas, SP. 2013.

VALDUGA, E. **Caracterização morfológica e análise de compostos ativos em acessos de variedades crioulas de Cucurbitaceae.** 58 f. 2017. Dissertação (Mestre em Agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, da Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2016.

- VEIGA SILVA, J. C. B; COMIN, J. J. Desempenho agrônomo de milho, feijão, soja e abóbora em sistema orgânico de monocultivo e consórcio. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.8, n.2, p. 191-199, 2013.
- VIANA SILVA, D. R. D.; FINAMORE, W. L. M. Velocidade da decomposição e teores de nutrientes de diferentes adubos verdes. **Revista Eletrônica da Faculdade de Ciências Exatas e da Terra Produção/construção e tecnologia**, v. 4, n. 7, 2015.
- VIEIRA, R. F. Mineralização do nitrogênio orgânico (Amonificação). In: ____ **Ciclo do Nitrogênio em Sistemas Agrícolas**. EMBRAPA, Brasília: DF, v. 1, cap.2, p. 10-17, 2017.
- VIEIRA, C. *et al.* Melhoramento de feijão. In: BORÉM, A. **Melhoramento de plantas cultivadas**. 2 ed. Viçosa: UFV, p. 301-391, 2005.
- VILELA, E. F. *et al.* Crescimento inicial de cafeeiros e fertilidade do solo adubado com mucuna, amendoim forrageiro ou sulfato de amônio. **Coffee Science**, v. 6, p. 27-35, 2011.
- ZHANG, H. Analysis of phytohormones in vermicompost using a novel combinatives ample preparation strategy of ultra sound-assisted extraction and solidphase extraction coupled with liquid chromatography-tandem mass spectrometry. **Talanta**, v. 139, p.189–197, 2015.
- ZHANG, G. *et al.* Achieving low methane and nitrous oxide emissions with high economic incomes in a rice-based cropping system. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 259, p. 95- 106, 2018.
- ZIMMERMANN, C. L. Monocultura e Transgenia: impactos ambientais e insegurança alimentar. **Veredas do Direito**, Belo Horizonte, v. 6, n. 12, p. 79-100, 2009.
- WEIL, R. R.; NYLE C. B. **Arquitetura e propriedades físicas do solo**. In: Elementos da Natureza e Propriedades dos Solos, 2013.
- WEZEL, A. *et al.* Agroecological practices for sustainable agriculture. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 34, n. 1, p. 1–20, 2014.
- WEZEL, A. *et al.* Agroecology as a science, a movement and a practice: a review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 29, p. 503-515, 2009.
- WILDNER, L. D. P. Adubação Verde: conceitos e modalidades de cultivo. In: LIMA FILHO, O. F. D.; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. (Orgs) **Adubação Verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. Cap. 14. p. 21-44.
- WOLSCHICK, N. H. 2014. **Desempenho de plantas de cobertura e influência nos atributos do solo e na produtividade de culturas em sucessão**. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Lages: UDESC. 93 p.

WREGGE, M. S. *et al.* **Atlas Climático da região Sul do Brasil: estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. Brasília, DF: Embrapa, 2012. 334 p.

WU, P.; WANG, C. Differences in spatiotemporal dynamics between soil macrofauna and mesofauna communities in forest ecosystems: The significance for soil fauna diversity monitoring. **Geoderma**, v. 337, n. 1, p. 266-272, 2019. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/327742008_Differences_in_spatiotemporal_dynamics_between_soil_macrofauna_and_mesofauna_communities_in_forest_ecosystems_The_significance_for_soil_fauna_diversity_monitoring>. Acesso 13 fev. 2021.

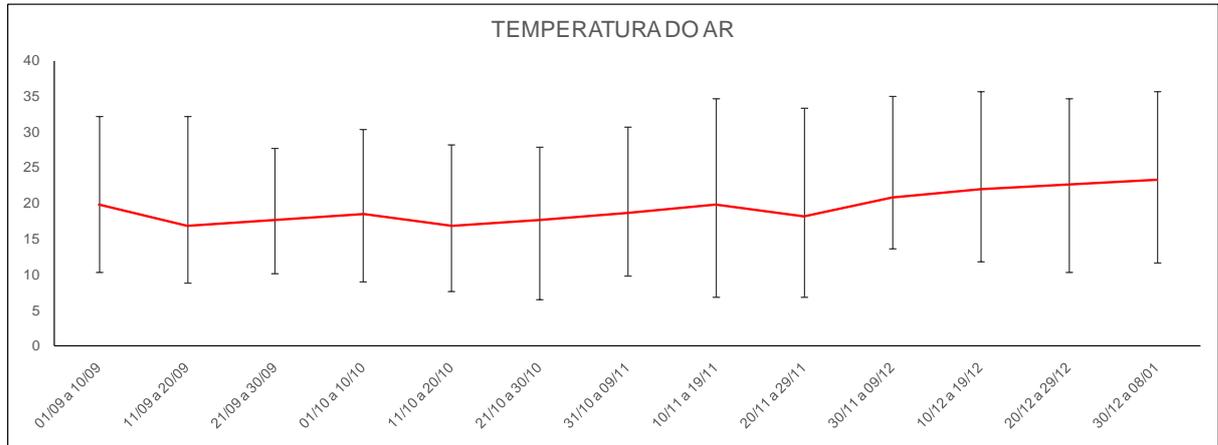
WUTKE, E. B.; CALEGARI, A.; WILDNER, L. DO P. Espécies de adubos verdes e plantas de cobertura e recomendações para seu uso. In: LIMA FILHO, O. F.; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. (Ed.). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: Fundamentos e práticas**. Brasília, DF: Embrapa, p. 59–168, 2014.

WUTKE, E. B. Adubação verde: manejo da fitomassa e espécies utilizadas no Estado de São Paulo. In: WUTKE, E. B.; BULISANI, E. A.; MASCARENHAS, H. A. A. (Coord.) **Curso sobre adubação verde no Instituto Agrônomo**, 1. Campinas: Instituto Agrônomo, p.17-29, 1993. (Documentos IAC, 35).

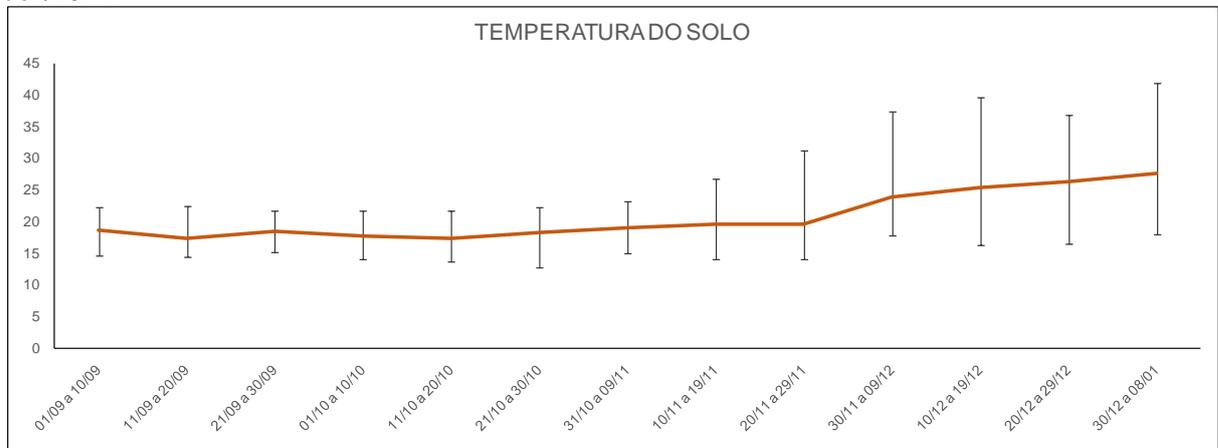
Apêndices

Apêndices variáveis climáticas

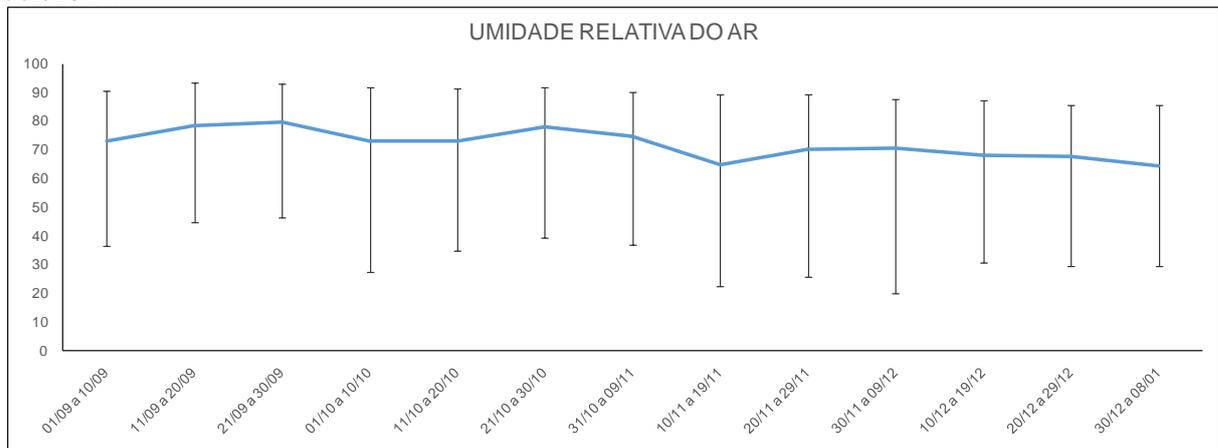
Apêndice A: Temperatura média do AR ($^{\circ}\text{C} \pm$ máxima e mínima) durante o período de consórcio dos adubos verdes e abóbora com a presença e ausência de fertilização. Embrapa Clima Temperado, setembro/2017.



Apêndice B: Temperatura média do solo ($^{\circ}\text{C} \pm$ máxima e mínima) durante o período de consórcio dos adubos verdes e abóbora com a presença e ausência de fertilização. Embrapa Clima Temperado, setembro/2017.



Apêndice C: Umidade relativa do ar ($\% \pm$ máxima e mínima) durante o período de consórcio dos adubos verdes e abóbora com a presença e ausência de fertilização. Embrapa Clima Temperado, setembro/2017.



Apêndices plantas espontâneas bioindicadoras

Apêndice D: Fotos de algumas plantas espontâneas bioindicadoras dos aspectos físico, químico e biológico dos solos no histórico da área.



Apêndices polinização

Apêndice E: Fotos da presença de insetos na flor da abóbora.



Anexos

Anexo A – Variáveis meteorológicas

Valores mensais das variáveis meteorológicas analisadas entre os meses de setembro de 2017 e fevereiro de 2018, durante o consórcio das plantas de cobertura, com e sem a fertilização do húmus líquido, com as plantas de abóbora crioula.

Variáveis climáticas durante o consórcio entre plantas de adubação verde, com as plantas de abóbora. Temperatura média, máx e min do ar (°C), temperatura média, máx e min do solo (°C, 5 cm), velocidade do vento (Km/h), umidade relativa méd, máx e min do ar (UR, %), precipitação pluviométrica (PP, mm) e energia solar (cal.cm⁻² dia⁻¹). Fonte: Estação Meteorológica Automática instalada no Posto Meteorológico da Sede da Embrapa Clima Temperado - Latitude: 31° 42' S; Longitude: 52° 24' W.

Mês	Temp. do ar (°C)			PP (mm)		Temp. do solo (°C, 5 cm)			Vel. vento (Km/h)		UR (%)			Energia solar (cal.cm ⁻² dia ⁻¹)		
	med	máx	min	máx	total	med	máx	min	med	máx	med	máx	min	med	máx	min
set/17	18,4	34	9,8	58,2	192	19,8	23,5	16,9	7,6	46,7	86,4	96	70	264	432,1	39
out/17	18,4	31,2	7,7	90,2	258	21,1	24,8	15,9	8,3	48	80,3	97,3	52,8	396	685,9	38,8
nov/17	19,4	35,9	7,9	17,4	40,4	24,8	30,8	19,6	7,6	66	73,3	86,1	52,5	535	740,5	82,1
dez/17	22,7	35,2	11	11	46,4	26,7	33,2	19,6	9	64,4	79	94	64,6	506	758,9	145,2
jan/18	23,9	35,9	13,8	92	183	27,8	32,2	24,1	7,6	46,7	78,5	93	56,3	533	757,4	188,6
fev/18	22,6	36,7	13,3	27,2	59,8	26,8	31,3	21,4	6,7	62,8	80,3	88,3	71,5	521	704,1	143,2