

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON**

JAQUELINE VANELLI

**AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA DE SOLO NO CULTIVO DE SOJA E
MILHO EM SUCESSÃO A ADUBOS VERDES DE INVERNO**

MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PARANÁ

2016

JAQUELINE VANELLI

**AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA DE SOLO NO CULTIVO DE SOJA E
MILHO EM SUCESSÃO A ADUBOS VERDES DE INVERNO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, para obtenção do título de Magister Scientiae.

Orientador: Prof. Dr^a. Edleusa Pereira Seidel

Coorientador: Prof. Dr. José Renato Stangarlin

MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PARANÁ

2016

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

V252a

Vanelli, Jaqueline

Avaliação microbiológica de solo no cultivo de soja e milho em sucessão a adubos verdes de inverno./Jaqueline Vanelli. Marechal Cândido Rondon, 2016.

48 f.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Edleusa Pereira Seidel.

Coorientador: Prof. Dr. José Renato Stangarlin.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Marechal Cândido Rondon, 2016

Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Agronomia

1. Microrganismos. 2. Fungos. 3. Bactérias. 4. Manejo do solo. 5. Bioindicadores de qualidade ambiental. I. Seidel, Edleusa Pereira. II. Stangarlin, José Renato. III. II.Universidade Estadual do Oeste do Paraná. IV. Título.

CDD 21.ed. 631.46

CIP-NBR 12899

Ficha catalográfica elaborada por Helena Soterio Beijo – CRB 9ª/965

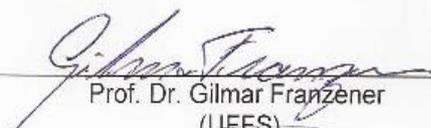
Ativar o W

JAQUELINE VANELLI

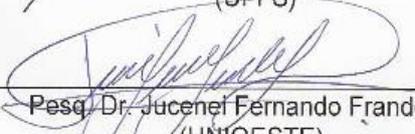
AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA DE SOLO NO CULTIVO DE SOJA E
MILHO EM SUCESSÃO A ADUBOS VERDES DE INVERNO

Dissertação apresentada à
Universidade Estadual do Oeste do
Paraná, como parte das exigências
do Programa de Pós-Graduação em
Agronomia, para obtenção do título
de Magister Scientiae.

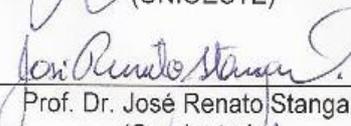
APROVADA: 02 de março de 2016



Prof. Dr. Gilmar Franzener
(UFFS)



Pesq. Dr. Jucenei Fernando Frandoloso
(UNIOESTE)



Prof. Dr. José Renato Stangarlin
(Coorientador)
(UNIOESTE)



Prof.^a Dr.^a Edleusa Pereira Seidel
(Orientadora)
(UNIOESTE)

AGRADECIMENTOS

Inicialmente gostaria de agradecer a DEUS, já que Ele colocou pessoas tão especiais a meu lado.

A meus pais, Angelina e Rildo Vanelli, meu infinito agradecimento. Vocês sempre acreditaram em minha capacidade, e estiveram sempre a meu lado, me pondo para cima e me fazendo acreditar que posso mais que imagino. As minhas irmãs e irmão, Bianca, Natália e Leonardo pela paciência, espaço e tempo roubado. Sempre serão motivo de alegria para mim, amo vocês.

Um agradecimento mais que especial a Edleusa Pereira Seidel, por acreditar que eu era capaz e pela orientação. Mesmo quando cheguei sem muito conhecimento do curso, você me auxiliou nesta caminhada. Só tenho a agradecer aos seus ensinamentos, orientações, palavras de incentivo, puxões de orelha, paciência e dedicação. Você é uma pessoa ímpar, inspiradora. Tenho orgulho em dizer que um dia fui sua orientada.

Também agradeço com um abraço apertado e carinhoso o professor José Renato Stangarlin pela coorientação, pelos ensinamentos, orientações, palavras de incentivo, paciência e dedicação. Professor você é o melhor, sua forma de ensinar cativa e nos faz desejar ensinar também.

Ao Jucenei Frandoloso e Nicanor Henkemeier pelo apoio em laboratório, simpatia e amizade, meu muito obrigado.

A meus amigos de toda a vida, Camila Wolff, Fabiana N. B. Pinto, Aniele Piper, Adriane Nienkotter, Romana F. Hoffmann e Cassiano Paulus, pelo incentivo e paciência. A Danielle A. Cadorin e Pablo W. R. Coutinho, que se tornaram verdadeiros amigos e tornaram mais leve meu trabalho, estando comigo desde o primeiro dia de aula. Foi bom poder contar com vocês.

Marcos Mottin e André Alves, obrigado por terem estado lá sempre que precisei, foram dias de campo memoráveis. A todos os colegas, professores e funcionários que direta ou indiretamente ajudaram neste projeto.

Agradeço, também, à CAPES pelo apoio financeiro durante esses dois anos.

Finalmente, gostaria de agradecer à Universidade Estadual do Oeste do Paraná por abrirem as portas para que eu pudesse realizar este sonho que era o Mestrado. Proporcionaram-me mais do que esperava. Fizeram com que eu quisesse mais. Uma nova Graduação, e o Doutorado em Agronomia. Então Até Logo.

*Dedico esta, bem como todas as minhas
demais conquistas, aos meus amados pais
Rildo e Angelina Vanelli...*

RESUMO

VANELLI, Jaqueline, Mestrado, Universidade Estadual do Oeste do Paraná fevereiro - 2016. **Avaliação microbiológica de solo no cultivo de soja e milho em sucessão a adubos verdes de inverno.** Orientador: Dr^a. Edleusa Pereira Seidel. Co-orientador: Dr. José Renato Stangarlin.

A sucessão de culturas de plantas pode influenciar a comunidade microbiana do solo, com efeitos diretos sobre a produção vegetal. Assim, este trabalho teve por objetivo avaliar a diversidade microbiológica do solo para fungos, bactérias e nematoides em função de diferentes espécies de adubos verdes de inverno (*Avena strigosa*, *Urochloa ruziziensis*, *Pisum sativum* e *Lupinus albus*) e épocas de amostragem, bem como aos 60 dias após o cultivo de soja e milho em sucessão. Para avaliar a densidade populacional desses organismos e estimar o carbono e nitrogênio da biomassa microbiana foi realizado um experimento em duas etapas. Na primeira realizou-se a semeadura das diferentes espécies de adubos verdes, e na segunda a semeadura de duas culturas: soja e milho em sucessão. O delineamento experimental no cultivo dos adubos verdes foi inteiramente casualizado (DBC). Para o delineamento experimental das culturas de verão foi utilizado o delineamento em blocos casualizados (DBC) com parcelas subdivididas. A parcela principal consistiu de adubos verdes de inverno, e as subparcelas as culturas de milho e soja. As coletas foram realizadas aos 0, 60, 90, 120 e 150 dias do cultivo das plantas de cobertura de inverno. Na área com soja e milho foram realizadas amostragens aos 60 dias após a semeadura dessas culturas. Os resultados mostraram que a menor produção de biomassa seca dos adubos verdes foi da braquiária. A densidade de nematoides de vida livre, fungos micorrízicos, bactérias e fungos patogênicos; quantidade de carbono da biomassa microbiana, bem como de nitrogênio, não foram afetadas pelas espécies de adubos verdes utilizados. Houve efeito significativo do tempo de amostragem para nematoides de vida livre, com a maior população em 90 dias. O cultivo de soja e milho não influenciou o número de nematoides de vida livre, mas influenciou o número de fungos micorrízicos arbusculares. O maior número total dos fungos micorrízicos *Glomus macrocarpum* e *Gigaspora margarita* foram constatados na cultura do milho. Os valores da biomassa microbiana do carbono e nitrogênio não foram afetados pelas espécies de adubos verdes utilizadas, e também não influenciaram nas

culturas em sucessão. Não houve diferença estatística entre fungos e bactérias para nenhuma das variáveis analisadas. Houve a presença constante dos fungos dos gêneros *Penicillium* sp., *Aspergillus* sp. e *Fusarium* sp.

Palavras-chave: microrganismos. Fungos. Bactérias. Manejo do solo. Bioindicadores de qualidade ambiental.

ABSTRACT

VANELLI, Jaqueline, Master, State University of Western Paraná. February - 2016. **Microbiological evaluation of soil in the cultivation of soybean and corn in succession of green winter fertilizers.** Advisor: Dr. Edleusa Pereira Seidel. Co-Advisor: Dr. José Renato Stangarlin.

The succession of crop plants can influence the soil microbial community, with direct effects on plant production. This work aimed to evaluate the microbial diversity of fungi, bacteria and nematode of soil for different species of green manure (*Avena strigosa*, *Urochloa ruziziensis*, *Pisum sativum* and *Lupinus albus*) of winter and sampling time as well as 60 days after the cultivation of soybeans and corn in succession. To evaluate the population density of these organisms and estimate the carbon and nitrogen of microbial biomass, an experiment was conducted in two stages. In the first one there was the planting of different species of green manure, and in the second the sowing of two crops: soybean and corn in succession. The experiment in the cultivation of green manure was completely randomized (DBC). For the experiment of summer crops was used a randomized complete block design (DBC) with split plots. The principal plot consisted of green winter fertilizers, and the subplots the corn and soybean. Samples were collected at 0, 60, 90, 120 and 150 days of cultivation of winter crops. In the area with soybean and corn the samples were performed 60 days after sowing the crop. The results showed that *Brachiaria* had the less production of dry biomass among green manures. The nematode density, mycorrhizal fungi, bacteria and pathogenic fungi; as well as microbial biomass and nitrogen were not affected by the species of green manure. There was a significant effect of sampling time to non-pathogenic nematodes with the highest population in 90 days. The cultivation of soybean and corn did not influence the number of non-pathogenic nematodes, but influenced the number of mycorrhizal fungi. The highest total number of mycorrhizal fungi *Glomus macrocarpum* and *Gigaspora margarita* were found under corn crop. The estimated values of carbon and nitrogen of microbial biomass were not affected by the species of green manures, and also had no effect on crops in succession. There was no statistical difference between fungi and bacteria to any of the variables. There was the constant presence of fungi of the genus *Penicillium*, *Aspergillus* and *Fusarium*.

Keywords: microorganisms. Fungi. Bacteria. Soil management. Environmental quality bioindicators.

SUMÁRIO

1	CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	1
1.1	INTRODUÇÃO GERAL.....	1
1.2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
1.2.1	Adubação Verde	3
1.2.1.1	Tremoço Branco (<i>Lupinus albus</i> L.).....	4
1.2.1.2	Ervilha Forrageira (<i>Pisum sativum</i> L.).....	4
1.2.1.3	Aveia Preta (<i>Avena strigosa</i> S.).....	5
1.2.1.4	Braquiária (<i>Urochloa ruziziensis</i> R. Germ. And Evrard).....	5
1.2.2	Sucessão de Culturas	6
1.2.2.1	Soja.....	6
1.2.2.2	Milho.....	7
1.2.3	Microrganismos do Solo.....	8
1.2.3.1	Biomassa Microbiana	8
1.2.3.2	Fungos Micorrízicos Arbusculares	9
1.2.3.3	Nematoides	10
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	12
2	CAPÍTULO II – AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA DE SOLO NO CULTIVO DE ADUBOS VERDES DE INVERNO E NA SOJA E MILHO EM SUCESSÃO.....	17
2.1	RESUMO.....	17
2.2	ABSTRACT.....	18
2.3	INTRODUÇÃO.....	19
2.4	MATERIAL E MÉTODOS.....	21
2.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
2.6	CONCLUSÕES.....	28
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29
3	CAPÍTULO III – AVALIAÇÃO DA POPULAÇÃO FÚNGICA E BACTERIANA E DOS TEORES DE CARBONO E NITROGÊNIO EM CULTIVO DE SOJA E MILHO EM SUCESSÃO A ADUBOS VERDES DE INVERNO.....	32
3.1	RESUMO.....	32

3.2	ABSTRACT.....	33
3.3	INTRODUÇÃO.....	34
3.4	MATERIAL E MÉTODOS.....	36
3.5	RESULTADOS E DISCUSSAO.....	39
3.5.1	Carbono e Nitrogênio da Biomassa Microbiana do Solo nos Adubos Verdes.....	39
3.5.2	Carbono e Nitrogênio da Biomassa Microbiana do Solo nas Culturas de Soja e Milho.....	41
3.5.3	População de Fungos e Bactérias do Solo nas Culturas de Inverno e de Soja e Milho em Sucessão.....	41
3.6	CONCLUSÕES.....	43
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
4.	CONCLUSÕES GERAIS.....	46

1 CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1 INTRODUÇÃO GERAL

Atualmente a sustentabilidade dos agroecossistemas é fundamental, pois com o crescimento populacional há aumento no consumo direto e indireto de grãos; e quando cultivado de maneira inadequada pode acarretar em danos significativos ao ambiente, causando contaminação do solo, água e ar.

Nos últimos anos a produção de grãos tem aumentado consideravelmente, bem como a degradação do solo, causada principalmente na compactação, devido ao intenso tráfego de máquinas, implementos agrícolas, sistema de preparo e ainda práticas de manejo inadequadas (RESENDE, 2009).

Desse modo há grande interesse por parte da comunidade científica em buscar indicadores de qualidade do sistema solo. Esses indicadores se baseiam na atividade microbiana, que sozinha ou em conjunto com outros indicadores convencionais, podem vir a auxiliar na orientação aos produtores no manejo de seus solos de forma mais produtiva e sustentável (ARAGÃO et al., 2012).

A adubação verde é uma técnica muito antiga. No Brasil ela é conhecida há pelos menos 100 anos. Seu uso na sucessão de diferentes culturas pode controlar a erosão e melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo.

No século 21 a adubação verde foi tomada como uma ferramenta para à sustentabilidade do sistema solo, sendo inserida no contexto mundial como um sistema de manejo para a produção de alimentos mais saudáveis (FILHO; AMBROSANO; ROSSI, 2014). Estudos científicos relatam que a adubação verde vem proporcionando benefícios na constituição e manutenção da matéria orgânica, auxiliando nas propriedades físico-química do solo, no controle de fitopatógenos e plantas espontâneas; e ainda no controle da erosão do solo (SILVEIRA; FREITAS, 2007).

Os microrganismos fazem parte do solo, desempenham atividades imprescindíveis para a sustentabilidade dos ecossistemas, e são considerados como bioindicadores da qualidade do solo, sendo responsáveis por inúmeras reações bioquímicas (ANDREOLA; FERNANDES, 2007), também desempenham papel fundamental na gênese do solo e ainda atuam como reguladores de nutrientes pela decomposição da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes, e são responsáveis

pelos processos de mineralização, representando eles próprios uma quantidade considerável de nutrientes potencialmente disponíveis para as plantas (MOREIRA, et al., 2013).

Desse modo a quantidade e a qualidade dos resíduos vegetais oriundos de diferentes tipos de culturas podem provocar alterações na composição de comunidades microbianas, favorecendo ou inibindo o estabelecimento de diferentes grupos microbianos. Assim, o trabalho teve por objetivo avaliar a diversidade microbiológica do solo em função de diferentes espécies de adubos verdes de inverno e épocas de amostragem, bem como aos 60 dias após o cultivo da soja e milho em sucessão.

1.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.2.1 Adubação Verde

A adubação verde é uma técnica muito antiga, seu uso na atualidade tem demonstrado efeitos positivos sobre o impacto gerado pelo manejo inadequado. De acordo com Alcântara et al. (2000), o uso da adubação verde é uma forma viável de amenizar os impactos gerados pela agricultura.

Dentre os principais benefícios do emprego da adubação verde nos sistemas agrícolas utilizados, está o aumento do teor de matéria orgânica do solo e consequentemente, efeitos diretos na fertilidade desses solos, além de contribuir efetivamente na proteção contra a erosão, ciclagem de nutrientes, redução de plantas espontâneas, e ainda favorecer o equilíbrio biológico do solo, podendo favorecer a população de microrganismos benéficos e reduzir problemas ligados a patógenos do solo (COSTA; SILVA; RIBEIRO, 2013).

Dentre as características desejáveis na seleção de espécies de adubos verdes, destacam-se a produção de fitomassa e a capacidade de acumular nitrogênio (N), seja pela fixação biológica ou pela absorção do nutriente no solo (SILVA et al., 2009).

A cobertura proporcionada pelos adubos verdes protege o solo do impacto gerado pelas gotas d'água das chuvas, diminuindo os riscos de erosão e ainda aumentando a capacidade de infiltração. A matéria orgânica adicionada é também capaz de contribuir para a redução da densidade do solo, melhoria da aeração e drenagem (SOUZA, 2014).

Todas as espécies de plantas apresentam vantagens e desvantagens, desenvolvendo-se bem dentro de certas condições climáticas e práticas de cultivo e de manejo. Segundo Faria et al. (2004), a adubação verde com Fabaceae (leguminosas) proporciona vantagens, como a economia com fertilizantes nitrogenados, grande rendimento por área, sistema radicular profundo, que ajuda a descompactar o solo, ainda, plantas dessas espécies além de adicionarem carbono ao solo, adicionam também o nitrogênio atmosférico fixado pela simbiose com *Rhizobium* específicos.

Já as Poaceae (gramíneas) caracterizam-se pela alta produção de biomassa e de resíduos com relação C/N elevada, o que pode contribuir para

redução na taxa de decomposição e para liberação mais lenta de nutrientes no solo (CARVALHO, 2013). Podem acarretar frequentes problemas em decorrência da forte imobilização de N (SILVA et al., 2009). Segundo Boer et al. (2008) o uso de poáceas como plantas de cobertura é importante para a absorção de nutrientes, especialmente do potássio.

1.2.1.1 Tremoço Branco (*Lupinus albus* L.)

Os tremoços são geralmente destinados a proteção e recuperação de solos degradados e também são amplamente utilizados para a produção de grãos, são recomendados em consórcios com frutíferas, aveias, entre outros, isso se dá devido a menor incidência de doenças como a antracnose. É uma espécie que não deve ser cultivada em monocultura, sendo recomendado em rotação de culturas anuais como o milho e a soja (FILHO et al., 2014).

Trabalhos com milho em sucessão a essa Fabaceae demonstraram não haver diferenças para algumas variáveis agronômicas em duas safras agrícolas (SANTOS; POTTKER, 1990).

De acordo com Borkert et al. (2003) a rotação de culturas comerciais com espécies para cobertura vegetal do solo sob semeadura direta é fundamental para a implantação e a continuidade de sistemas produtivos sustentáveis, mediante eficiente reciclagem de nutrientes, os mesmos concluem que o tremoço branco acumula quantidades apreciáveis de nitrogênio; assim como Ca, Mg e micronutrientes em quantidades satisfatórias.

Cardoso et al. (2014) constataram maior número de unidades formadoras de colônias bacterianas em solo com os adubos verdes: nabo forrageiro e com tremoço branco.

1.2.1.2 Ervilha Forrageira (*Pisum sativum* L.)

Cultura de inverno muito utilizada como adubo verde. A ervilha forrageira (*Pisum sativum*) é uma Fabaceae que apresenta alto valor nutritivo, com amplas alternativas de uso na alimentação animal. É uma planta pouco exigente, e de fácil

manejo. Esta difere da ervilha comum por apresentar elevado teor de aminoácidos com alto valor nutritivo nas sementes quando secas (DOURADO, 2012).

A ervilha de acordo com diversos autores (RAVEN; EVERT; EICHRON, 1996; SANCHEZ; MOSQUERA, 2006) é uma excelente espécie fixadora de nitrogênio, o que a torna uma ótima opção para o manejo de solo.

1.2.1.3 Aveia Preta (*Avena strigosa* S.)

As plantas dessa espécie são amplamente utilizadas na adubação verde, rotação e sucessão de culturas. De acordo com Ziech et al. (2015) a aveia preta esta entre as espécies utilizadas para cobertura do solo em condições subtropicais, sendo predominante no Sul do Brasil, em 2013 representou 43% da cobertura empregada em lavouras de milho nessa região.

Espécie mais rustica com grande capacidade de perfilhamento, desenvolvem-se bem em solos pouco fértil, possui ótima resistência a seca e a pragas e doenças, muito utilizadas em rotações, sucessões de culturas assim como também na integração lavoura pecuária, é tida como uma ótima produtora de fitomassa e sementes (FILHO et al., 2014).

1.2.1.4 Braquiária (*Urochloa ruziziensis* R. Germ. and Evrard)

Atualmente, os sistemas de produção com integração agrícola são classificados em quatro modalidades distintas: integração lavoura-pecuária; integração pecuária-floresta ou silvipastoril; integração lavoura-floresta ou silviagrícola, e integração lavoura-pecuária-floresta ou agrossilvipastoril, podendo a braquiária ser inserida como espécie a ser cultivada nessas quatro categorias (COSTA et al., 2012).

Para Correia et al. (2013) as espécies dos gêneros *Urochloa* possuem sistema radicular vigoroso e profundo, apresentando elevada tolerância à deficiência hídrica e promovem a absorção de nutrientes em camadas mais profundas do solo, podem se desenvolver em condições ambientais desfavoráveis para a maioria das culturas produtoras de grãos e de outras espécies utilizadas para cobertura do solo.

O uso dessa espécie como adubo verde é uma alternativa para aumentar a sustentabilidade dos sistemas agrícolas (NEPOMUCENO et al., 2012).

1.2.2 Sucessão de Culturas

São muitos os benefícios advindos quando utilizados a sucessão de culturas nos sistemas agrícolas, sabe-se que ocorre redução ou eliminação de doenças, pragas e plantas espontâneas, tem-se aumento da produtividade e melhoria da qualidade tanto de grãos como também das condições físicas, químicas e biológicas do solo.

A sucessão de culturas é definida como o ordenamento de duas culturas na mesma área agrícola por tempo indeterminado, cada cultura cultivada em uma determinada estação do ano o Estado do Paraná adota dois sistemas de produção, caracterizados como sistemas de sucessão de culturas, com o predomínio de soja no verão e de trigo no inverno para a metade sul e sudoeste e de soja no verão e de milho safrinha no inverno nas regiões norte e oeste do Estado (FRANCHINI et al., 2011).

Para Ziech et al. (2015), no ano agrícola 2012/2013, somente 31% da área estabelecida com milho apresentava mais de 40% da superfície coberta por resíduos da espécie antecessora, condição abaixo do ideal para a manutenção do plantio direto, o que mostra uma menor preocupação atual dos produtores rurais em produzir matéria seca para o cultivo agrícola. Para as áreas cultivadas com soja, os valores chegaram a 69% da área coberta.

1.2.2.1 Soja (*Glycine max* L.)

No Paraná a safra 2015/16 encerrou com uma produção de 16.982,3 mil t, destacando o potencial agrícola dentro do cenário Nacional, principalmente por utilizar alta tecnologia que proporciona altas produtividades, (CONAB, 2016).

A escolha das culturas e de cultivares é uma das mais importantes decisões a serem tomadas, em função, principalmente, do aumento da produtividade, da incorporação de resistência a doenças e nematoides, e da adaptação a épocas de semeadura assim como a sistemas de produção utilizados pelos produtores (VERNETTI JUNIOR, 2015).

Como umas das principais culturas cultivadas no Brasil e no mundo a soja tem uma ampla abrangência em seus estudos, a utilização de fungos micorrízicos

arbusculares vem sendo uma das áreas estudadas. Para Pereira et al., (2013) o estudo das interações entre os micro-organismos do solo é importante para se compreender a dinâmica dos processos que caracterizam as relações entre o solo e as plantas na biosfera essas pesquisas, sobre tais interações têm contribuído na compreensão da biologia da rizosfera e suas implicações no desenvolvimento da agricultura moderna de qualidade e ecologicamente correta.

Também é estudada a interação entre a cultura da soja e as bactérias promotoras de crescimento. Resultados positivos com a inoculação e co-inoculação de rizobactérias promotoras de crescimento de plantas (RPCPs) e estirpes do gênero *Bradyrhizobium* foram encontrados por Costa et al., (2014). Bulegon et al. (2016) também obtiveram respostas diferenciadas sob a inoculação de *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*.

1.2.2.2 Milho (*Zea mays* L.)

O milho é o principal cereal cultivado no Brasil. No estado do Paraná houve uma redução de área de 23,7% na comercialização do milho primeira safra 2015/2016 em relação à safra 2014/2015. Este fato ocorreu porque os produtores optaram por plantar soja, o que contribuiu para a escassez do produto no mercado e aumento dos preços (CONAB, 2016).

O milho é uma cultura muito influenciada por problemas de estresse ambiental dentre os quais se destacam aqueles relacionados à baixa fertilidade dos solos (DARTORA et al., 2013). Havendo por tanto a necessidade de que haja eficiência do manejo utilizado. O ambiente fornece a maior influência sobre estes fatores, mas o produtor pode utilizar práticas eficientes para a obtenção de maiores produtividades (MAZZUCHELLI; SOSSAI; ARAUJO, 2014).

Diversas são as práticas que podem ser utilizadas para que haja eficiência no manejo utilizado, podendo esta ser adubação verde, rotação de cultura, inoculação de bactérias fixadoras de nitrogênio entre outras. Para Mazzuchelli; Sossai; Araujo (2014) a utilização de *Bacillus subtilis* possibilitou um desenvolvimento em aproximadamente 15% da massa fresca da parte aérea no safrinha e o uso de inoculantes *Azospirillum brasilense* nas sementes aumentou em 21,9% a produtividade do milho, quando comparados ao tratamento controle.

1.2.3 Microrganismos do Solo

1.2.3.1 Biomassa Microbiana

Os atributos biológicos do solo são os primeiros a serem afetados pelo manejo utilizado no solo, de forma que podem constituir índices de qualidade para a detecção imediata desses sistemas. O manejo adequado dos solos agrícolas é o principal fator que se deve considerar quando se se almeja a produção agrícola sustentável, pois, os sistemas de preparo e espécies de culturas podem interferir nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo.

Desse modo a importância dos microrganismos do solo pode ser justificada em virtude das diversas funções exercidas pelos mesmos, das quais englobam: a ciclagem e reciclagem de nutrientes, decomposição da matéria orgânica e sua incorporação às frações orgânicas presentes no solo, a formação e estabilização de agregados de solo, o controle biológico e a fixação de N, entre outras. Estas funções são fundamentais para a qualidade do solo e, assim, para sustentabilidade dos agroecossistemas (FRANCHINI et al., 2011).

Parâmetros microbianos têm sido utilizados com sucesso na avaliação da qualidade ambiental dos solos, como exemplo, temos biomassa microbiana do solo, sendo esta uma fonte de nutrientes instáveis, portanto um agente de transformação (BALOTA et al., 2015).

A biomassa microbiana, componente vida do solo é composta por bactérias, fungos, algas, actinomicetos e protozoários. As bactérias e fungos representam 90% dessa biomassa. Entretanto, como o solo é um sistema que esta em constante estresse, somente 15% a 30% das bactérias e 10% dos fungos encontram-se em estado ativo (ANDREOLA; FERNANDES, 2007).

Para Peixoto (2010), avaliações relacionadas à atividade microbiana são importantes, quando se pretende conhecer as transformações ocorridas no solo, as quais podem ser pela quantificação das frações do carbono e do nitrogênio do solo pois estes participam do compartimento microbiano, da atividade respiratória e enzimática.

Assim correlações positivas e significativas entre indicadores microbiológicos, como o C e o N da biomassa microbiana, e a produtividade das culturas, foram observadas por (PEREIRA et al., 2007; ALVES et al., 2011; SILVA et al., 2012).

1.2.3.2 Fungos Micorrízicos Arbusculares

Os fungos micorrízicos arbusculares são de grande importância nos agroecossistemas e são influenciados pelas práticas de manejo do solo, estudos têm reportado a importância desses fungos na recuperação de solos degradados.

Esses fungos são microrganismos que se associam às raízes de cerca de 80 % das plantas terrestres. Essa associação ocorre através de simbiose, onde os dois organismos obtêm vantagens adaptativas. No caso dos fungos micorrízicos a simbiose é complexa, denominada micorriza, onde o fungo produz uma variedade de estruturas dentro da raiz da planta hospedeira (KOIDE; MOSSE, 2004).

Sabe-se que esses fungos aumentam a disponibilidade de nutrientes, principalmente o fósforo, potencializam a absorção de água e garantem maior resistência à seca nas plantas hospedeiras (BERUDE et al., 2015).

Os fungos micorrízicos arbusculares, são membros importantes do sistema solo-planta, estando diretamente ligados a diversidade e a produtividade de comunidades vegetais. Além disso são excelentes na absorção de nutrientes como o fósforo e na translocação e disponibilização desses nutrientes, aumentam a resistência da planta ao ataque de patógenos do sistema radicular e a capacidade de absorção de água. Contribuem ainda com o acúmulo de estoques de carbono e biomassa microbiana e favorecem a estabilidade dos agregados do solo (SIQUEIRA et al., 2010).

Estudos vem sendo realizados nas mais diversas situações de degradação do solo e têm destacado a importância e o potencial das micorrizas como agentes recuperadores de áreas com manejos inadequados. A aplicação das micorrizas arbusculares na recuperação desses solos concentram-se na reintrodução de propágulos selecionados e na busca de espécies nativas adaptadas às condições de degradação (COLODETE; DOBBSS; RAMOS, 2014).

Para Mergulhão et al. (2014) o estabelecimento, desenvolvimento e a conservação dos ecossistemas são dependentes de associações micorrízicas, que propiciam aos vegetais, estratégias nutricionais superiores à de plantas não micorrizadas, beneficiando a sobrevivência em condições de estresse.

Áreas de conversão utilizando a sucessão soja na safra e milho na safrinha, em sistema de plantio direto, estudados por Assis et al. (2014) em dois anos, foram recuperados 27 espécies de fungos micorrízicos arbusculares, sendo as famílias

mais representativas em relação ao número de espécies recuperadas: *Acaulosporaceae* (*Acaulospora*), *Gigasporaceae* (*Gigaspora*, *Scutellospora*) e *Glomeraceae* (*Glomus*, *Funneliformis*, *Rhizophagus*), com nove, oito e sete espécies de FMAs, respectivamente.

1.2.3.3 Nematoides

Nematoides são microrganismos que vivem no solo e nas raízes das plantas em áreas cultivadas e ambientes naturais, com diversos hábitos alimentares e diferentes papéis na ecologia do solo, são relacionados com a condição ecológica do mesmo (STIEVEN et al., 2011).

Estes como outros organismos que fazem parte da biomassa microbiana do solo, também são ótimas opções na avaliação de implantação de novos sistemas agrícolas, pois, são organismos que respondem com rapidez a mudanças ambientais (COUTINHO, 2014).

Para Sousa et al. (2014) a distribuição dos nematoides depende das características do solo no qual habita e que permite a orientação, movimentação e reprodução desses organismos, estando frequentemente relacionada com a distribuição de raízes, assim como com a estrutura, textura, umidade e temperatura do solo.

Para Cares; Huang (2010), os nematoides evoluíram para explorar diversas fontes de alimentos, enquanto os de vida livre ingerem pequenos organismos como fungos, bactérias, algas, protozoários e até mesmo outros nematoides, os parasitas colonizam e se alimentam de plantas ou tecidos de animais.

Dentre os fitopatogênicos os que mais se destacam em áreas de cultivo de soja e milho são *Meloidogyne* spp., e *Pratylenchus* spp. Entre os nematoides de galhas, *Meloidogyne incognita* e *Meloidogyne javanica* são as espécies mais importantes para a cultura da soja no Brasil (DIAS et al., 2010).

Depois de instalada, as comunidades de nematoides fitopatogênicos podem vir a causar grandes perdas na produção anual de grãos, diversas são as metodologias adotadas na tentativa de eliminar esses fitopatógenos. Para Riboldi et al. (2013), a ação de produtos fitossanitários sobre os nematoides varia em função da espécie e raça do parasita, natureza química do produto e concentração utilizada.

A utilização de adubos verdes como o guandu, mucuna e outros é uma alternativa que tem dado certo no controle e ou, minimização dessas comunidades de nematoides. Também a rotação e sucessão de culturas também são indicadas no controle dos mesmos (FILHO et al., 2014).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREOLA, F.; FERNANDES, S. A. P. **Microbiota do Solo e Qualidade Ambiental**. Instituto ed. Campinas-SP, 2007.

ARAGAO; et al. Avaliação de indicadores de qualidade do solo sob alternativas de recuperação do solo no Nordeste Paraense. **Acta Amazonica**. vol.42, n.1, pp. 11-18. 2012.

ALCÂNTARA, F. A. et al. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um latossolo vermelho-escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 2, p. 277-288, out. 2000.

ALVES, T. S; CAMPOS, L. L; NETO, N. E; MATSUOKA, M; LOUREIRO, M. F. Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejos. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 2, p. 341-347, 2011.

ANDREOLA, F.; FERNANDES, S. A. P. **Microbiota do Solo e Qualidade Ambiental**. Instituto ed. Campinas-SP, 2007.

ASSIS, P. C. R; SAGGIN JÚNIOR, O. J; PAULINO, H. B; STÜRMER, S. L; SIQUEIRA, J. O; CARNEIRO, M. A. C. Fungos micorrízicos arbusculares em campos de murundus após a conversão para sistemas agrícolas no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 1703-1711, 2014.

BALOTA, E. L; YADA, I. F. U; AMARAL, H. A; NAKATANI, A. S; HUNGRIA, M; DICK, R. P; COYNE, M. S. Soil Quality in Relation to Forest Conversion to Perennial or Annual Cropping in Southern Brazil. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.39, p. 1003-1014, 2015.

BERUDE, M. C; ALMEIDA, D. S; RIVA, M. M; CABANÊZ, P. A; AMARAL, A. A. Micorrizas e sua importância agroecológica. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.11 n.22; p. 2015

BORKERT, C. M.; GAUDÊNCIO, C.A; PEREIRA, J. E.; PEREIRA, L. R; OLIVEIRA JUNIOR, A. Nutrientes minerais na biomassa da parte aérea em culturas de cobertura de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 1, p. 143-153, jan. 2003.

BOER, C.A.; ASSIS, R.L.; SILVA, G.P.; BRAZ, A.J.B.P.; BARROSO, A.L.L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; PIRES, F.R. Biomassa, decomposição e cobertura do solo ocasionada por resíduos culturais de três espécies vegetais na região Centro-Oeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.843-851, 2008.

BULEGON, L. G., L. RAMPIM, J. KLEIN, D. KESTRING, V. F. GUIMARÃES, A. G. BATTISTUS, E. A. M. INAGAKI. Componentes de produção e produtividade da cultura da soja submetida à inoculação de *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*. **Terra Latinoamericana** v. 34: p. 169-176. 2016.

CARVALHO, W. P; CARVALHO, G. J; NETO, D. O. A; TEIXEIRA, L. G. V. Desempenho agrônômico de plantas de cobertura usadas na proteção do solo no período de pousio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.48, n.2, p.157-166, fev. 2013.

CARDOSO; R. A. BENTO; A. S. MORESKI; H. M. GASPAROTTO; F. Influência da adubação verde nas propriedades físicas e biológicas do solo e na produtividade da cultura de soja. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, Londrina, v. 35, n. 2, p. 51-60, jul./dez. 2014.

CARES, J. E.; HUANG, S.P. **Nematoides de solo**. In: MOREIRA, F.M.S; HUISING, E. J; BIGNELL, D. E. Manual de biologia dos solos tropicais: Amostragem e caracterização da biodiversidade. Lavras, UFLA, p. 151, 2010.

COLODETE C. M.; DOBBSS L. B.; RAMOS, A. C. Aplicação das Micorrizas arbusculares na recuperação de áreas impactadas. **Natureza on line**, v. 12, n. 1, p. 31-37, 2014.

COUTINHO, R. R. **Estudo das comunidades de nematoides como bioindicadores de distúrbio em sistemas agrícolas**. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Fitopatologia. Programa de Pós-graduação em Fitopatologia. Viçosa, MG, 2014.

CONAB. **Acompanhamento safra Brasileira de grãos**. v. 10 Safra 2015/16. Décimo levantamento, Brasília, p. 1-179, jul. 2016.

CORREIA, N. M; LEITE, M. B; FUZITA, W. E. Consórcio de milho com *Urochloa ruziziensis* e os efeitos na cultura da soja em rotação. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 1, p. 65-76, 2013.

COSTA, E.M. DA; SILVA, E. F; RIBEIRO, P. R. Matéria orgânica do solo e o seu papel na manutenção e produtividade dos sistemas agrícolas. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, n.17; p. 2013.

COSTA, N. R; ANDREOTTI, M; GAMEIRO, R. A; PARIZ, C. M; BUZETTI, S; LOPES, K. S. M. Adubação nitrogenada no consórcio de milho com duas espécies de braquiária em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.8, p.1038-1047, ago. 2012.

COSTA, E. M; CARVALHO, F; ESTEVES, J. A; NÓBREGA, R. S. A; MOREIRA, F. M. S. Resposta da soja a inoculação e co-inoculação com bactérias promotoras do

crescimento vegetal e *Bradyrhizobium*. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.10, n.19. 2014.

DARTORA, J; GUIMARÃES, V. F; MARINI, D; SANDER, G. Adubação nitrogenada associada à inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae* na cultura do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.17, n.10, p.1023–1029, 2013.

DIAS, W. P; GARCIA, A; SILVA, J. F. V; CARNEIRO, G. E. S. Nematóides em Soja: Identificação e Controle. **Circular Técnica 76**, Embrapa, Londrina, PR. Abr. ISSN 2176 – 2864. 2010.

DOURADO, W. S. **Teste de envelhecimento acelerado em sementes de ervilha forrageira**. Universidade Estadual Paulista “Júlio De Mesquita Filho” Faculdade de Ciências Agrônômicas Campus de Botucatu. Botucatu-SP Out. 2012. Disponível em: <<http://www.pg.fca.unesp.br/Teses/PDFs/Arq0845.pdf>>. Acesso em: 16. Dez. 2015.

FARIA, C. M. B; SOARES, J. M; LEÃO, P. C. S. Adubação verde com leguminosas em videira no Submédio São Francisco. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 28, p.641-648, 2004.

FILHO, L. O. F; AMBROSANO, E. J; ROSSI, F; CARLOS, J. A. D. **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil**. v. 1. Brasília DF. 2014.

FRANCHINI, J. C; COSTA, J. M; TORRES, H. D. E. Importância da rotação de culturas para a produção agrícola sustentável no Paraná. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Soja, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Documentos 327**. ISSN 2176-2937 Jun. 2011.

KOIDE, R. T; MOSSE, B. A history of research on arbuscular mycorrhiza. **Mycorrhiza**, v.14, p.145–163, 2004.

MAZZUCHELLI, R. C. L; SOSSAI, B. F; ARAUJO, F. F. Inoculação de *Bacillus subtilis* e *Azospirillum brasilense* na cultura do milho. **Colloquium Agrariae**, v. 10, n.2, p.40-47. Jul-Dez. 2014.

MERGULHÃO, A. C. E. S.; SIVA, M. V. da; LYRA, M. C. C. P. de; FIGUEIREDO, M. V. B.; SILVA, M. L. R. B. da; MAIA, L. C. Caracterização morfológica e molecular de fungos micorrízicos arbusculares isolados de áreas de mineração de gesso, Araripina, PE, Brasil. **Hoehnea**. v. 41, n. 3, p. 393-400, 2014.

MOREIRA, F. M. S; CARES, J. E; ZANETTI, R; STURMER, S. **O ecossistema solo: Componentes, relações ecológicas e efeitos na produção vegetal**. Lavras, UFLA, 2013.

NEPOMUCENO, M.P; VARELA, R.M; ALVES, P.L.C.A; MARTINS, J.V.F. Períodos de dessecação de *Urochloa ruziziensis* e seu reflexo na produtividade da soja RR. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 30, n. 3, p. 557-565, 2012.

PEREIRA, A. A; HUNGRIA, M; FRANCHINI, J. C; KASCHUK, G; CHUEIRE, L. M. O; CAMPO, R. J; TORRES, E. Variações qualitativas e quantitativas na microbiota do solo e na fixação biológica do nitrogênio sob diferentes manejos com soja. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 31, p.1397-1412, 2007.

PEREIRA, M. G; SANTOS, C. E. R. S; FREITAS, A. D. S; STAMFORD, N.P ROCHA, G. S. D. C; BARBOSA, A. T. Interações entre fungos micorrízicos arbusculares, rizóbio e actinomicetos na rizosfera de soja. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.17, n.12, p.1249–1256, 2013.

PEIXOTO, F. G. T. **Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos do estado de São Paulo sob vegetação nativa e cultivados**. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Faculdade De Ciências Agrárias E Veterinárias Jaboticabal, São Paulo. 2010.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. 728 p.

RESENDE, S. C. **Sistemas de manejo e sucessão de culturas na qualidade do solo nos tabuleiros costeiros sergipanos**. Universidade Federal de Sergipe. Dissertação de Mestrado. São Cristóvão de Sergipe. 2009. Disponível em: <https://bdtd.ufs.br/bitstream/tede/316/1/SERGIO_CARLOS_RESENDE.pdf>. Acesso em: 17 dez. 2015.

RIBOLDI, L. B; AGUILLERA, M. M; MONQUERO, P. A. Efeito da aplicação de herbicidas dessecantes na soja sobre as populações de nematoides no solo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 6, suplemento 1, p. 3577-3584, 2013.

SANCHEZ, E. A.; MOSQUERA, T. Establecimiento de una metodología para la inducción de regenerantes de arveja (*Pisum sativum* L.) variedad Santa Isabel. **Agronomia Colombiana**, Bogotá, v. 24, n. 1, p. 17-27, 2006.

SANTOS, H. P; POTTKER, D. Efeito de leguminosas de inverno sobre o rendimento de grãos e sobre algumas características agrônômicas do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 11, p. 1647-1654, nov, 1990.

SILVEIRA, A. P. D; FREITAS, S. S. **Microbiota do solo e qualidade ambiental**. Instituto Agrônomo. Campinas, São Paulo. 312 p. ISBN: 978-85-85564-14-8. 2007.

SILVA, M. S. C; SILVA, E. M. R; PEREIRA, M. G; SILVA, C. F. Estoque de serapilheira e atividade microbiana em solo sob sistemas agroflorestais. **Floresta e Ambiente**. v. 19, n. 4, p. 431-441, 2012.

SILVA, P. C. G; FOLONI, J. S. S; FABRIS, L. B; TIRITAN, C. S. Fitomassa e relação C/N em consórcios de sorgo e milho com espécies de cobertura. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.44, n.11, p.1504-1512, nov. 2009.

SOUZA, B.J. **Adubação verde: uso por agricultores agroecológicos e o efeito residual no solo**. Dissertação. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa Minas Gerais. 2014

SOUZA, C. C. M; PEDROSA, E. M. R; ROLIM, M. M; PEREIRA FILH, J.V; SOUZA, M. A. L. M. Influência da densidade do solo infestado por nematoide no desenvolvimento inicial de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.5, p.475-479, 2014.

STIEVEN, A.C; SANTOS, J.O; OLIVEIRA, D.A; WRUCK, F.J; CAMPOS, D.T.S. Monitoramento e quantificação de nematoides em solo sob integração lavoura pecuária floresta. XLIV Congresso Brasileiro de Fitopatologia - Bento Gonçalves RS. **Tropical Plant Pathology** 36 (Suplemento), ago. 2011.

VERNETTI JUNIOR, F. J. Resultados de pesquisa de soja na Embrapa Clima Temperado, 2013. **Documentos 388**. Embrapa Clima Temperado Pelotas, Rio Grande do Sul. 2015.

ZIECH, A. R. D. et al., Proteção do solo por plantas de cobertura de ciclo hibernar na região Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.50, n.5, p.374-382, maio 2015.

2 CAPÍTULO II – AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA DE SOLO NO CULTIVO DE ADUBOS VERDES DE INVERNO E NA SOJA E MILHO EM SUCESSÃO

2.1 RESUMO

A sucessão de plantas cultivadas pode influenciar na comunidade microbiana do solo, com reflexos diretos na produção vegetal. Dessa forma, este trabalho teve por objetivo avaliar a densidade populacional de nematoides e de fungos micorrízicos arbusculares do solo, durante o cultivo de milho e de soja em sucessão aos adubos verdes de inverno *Avena strigosa*, *Urochloa ruziziensis*, *Pisum sativum* e *Lupinus albus*. Para avaliar a densidade populacional de nematoides e fungos micorrízicos arbusculares foi montado um experimento, constituído de duas etapas: a primeira com diferentes adubos verdes e a segunda com as culturas de soja e milho em sucessão. No cultivo dos adubos verdes o delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso. Para o delineamento experimental das culturas de verão utilizou-se blocos ao acaso em parcelas subdivididas, onde a parcela principal foi constituída dos adubos verdes de inverno, e as subparcelas com milho e soja. Nos adubos verdes foi avaliada a população de nematoides e fungos micorrízicos arbusculares, em cinco épocas de avaliações aos 0, 60, 90, 120 e 150 dias após a semeadura (DAS) e na cultura da soja e milho foi avaliada aos 60 DAS. A densidade de nematoides de vida livre e fungos micorrízicos arbusculares não foi afetada pelas espécies de adubos verdes utilizadas. A maior população dos nematoides saprófitas ocorreu aos 90 dias. O cultivo de soja e milho não influenciou o número de nematoides de vida livre, mas influenciou o número de fungos micorrízicos arbusculares. O maior número total dos fungos micorrízicos *Glomus macrocarpum* e *Gigaspora margarita* foram constatados na cultura do milho.

Palavras-chave: plantas de cobertura, biomassa microbiana, manejo do solo, fungos micorrízicos, nematoides de vida livre.

2.2 ABSTRACT

The succession of crop plants can influence the soil microbial community, with direct effects on plant production. Thus, this study aimed to evaluate the production of green biomass and population density of nematodes, and arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) during the cultivation of corn and soybean in succession to winter crops *Avena strigosa*, *Urochloa ruziziensis*, *Pisum sativum* and *Lupinus albus*. To evaluate the populational density of nematodes and AMF were set up two experiments. The first one with different green manures and the second with the soybean and corn in succession. In the cultivation of green manures the experimental design was randomized blocks, while for the experimental design of summer crops was used randomized blocks in sub-divided plots, where the main plot consisted of green winter fertilizers, and sub-plots corn and soy. In the green manures was evaluated the population of nematode and arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) in five seasons assessments at 0, 60, 90, 120 and 150 days after sowing (DAS) and in soybean and corn was assessed at 60 DAS. The nematode density and AMF was not affected by the species of green manure. The largest population of nematodes occurred at 90 days. The soybean crop and corn did not influence the number of nematodes, but influenced the number of mycorrhizal fungi. The highest total number of *Glomus macrocarpum* and *Gigaspora margarita* were found under corn crop.

Key words: cover crops, soil management, biological indicators, dry biomass, mycorrhiza, nematode.

2.3 INTRODUÇÃO

Com o aumento da produção de grãos e os impactos ambientais gerados por esta exploração, tem-se tornado uma prática constante a utilização de indicadores do funcionamento do sistema solo, tais como qualidade física, química e biológica.

Estudos científicos relatam que a adubação verde vem proporcionando benefícios na constituição e manutenção da matéria orgânica, auxiliando nas propriedades físico-químicas do solo, no controle de fitopatógenos e de plantas invasoras, bem como na redução da erosão (SOUZA et al., 2013).

Dentre os adubos verdes as plantas da família das fabaceae são as espécies mais cultivadas, esta preferência está relacionado à fixação de nitrogênio atmosférico, produção de biomassa, sistema radicular bem ramificado e profundo, sendo capazes de absorver nutrientes nas camadas mais profundas de solo (SOUZA et al., 2013).

Dentre as fabaceae a ervilha forrageira (*Pisum sativum* L.) destaca-se por possuir rusticidade, apresentar rápido crescimento inicial e elevada capacidade de cobertura de solo, e pode ser aproveitada como adubação verde na melhoria da fertilidade do solo (FONTANELI et al., 2012). O tremoço branco (*Lupinus albus* L.) possui crescimento lento e apresenta sistema radicular bastante desenvolvido e, segundo Corsato et al. (2008), é uma espécie vegetal que possui substâncias alelopáticas, podendo inibir o desenvolvimento de espécies vegetais espontâneas.

De acordo com Calvo et al. (2010) as poáceas são plantas muito utilizadas para cobertura de solo, pois contribuem com quantidades relativamente elevadas de biomassa e são caracterizadas pela alta relação C/N, proporcionando maior cobertura por um período de tempo maior. São resistentes ao déficit hídrico e possuem menor custo de sementes para sua implantação, bem como menor ciclo fenológico comparado ao das fabaceae (SOUZA et al., 2013).

Dentre as poaceae a aveia preta (*Avena strigosa* S.) é uma das principais forrageiras utilizadas no inverno, já que pode ser cultivada de forma isolada ou consorciada e possui alta produção de matéria seca. A braquiária (*Urochloa ruziziensis* R. Germ. and Evrard) destaca-se por possuir satisfatória produção de sementes, boa qualidade de forragem e rápido crescimento inicial. Todavia, pouco se conhece sobre os efeitos dessa forrageira na agregação, dinâmica da matéria

orgânica e nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo (HERNANI et al., 2013).

Os microrganismos desempenham papel fundamental na gênese do solo e ainda atuam como reguladores de nutrientes pela decomposição da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes, sendo responsáveis pelos processos de mineralização, representando eles próprios uma quantidade considerável de nutrientes potencialmente disponíveis para as plantas (MOREIRA et al., 2013).

Os nematoides fazem parte da microfauna presente no solo e são considerados um dos organismos mais abundantes e diversificados do planeta, com valores estimados de 200 a 400 mil espécies, as quais apenas 12 mil foram descritas (SIQUEIRA et al., 2010). Uma das principais funções dos nematoides de solo nos sistemas é a liberação de nutrientes, que serão absorvidos pelas raízes das plantas (CARES; HUANG, 2008). Enquanto algumas comunidades de nematoides de solo contribuem para a reciclagem de nutrientes, outras são parasitas de plantas e podem levar a grandes perdas na produção anual de alimentos e fibras.

Da mesma forma que os nematoides, os fungos micorrízicos arbusculares, são membros importantes do sistema solo-planta, estando diretamente ligados a diversidade e a produtividade de comunidades vegetais. São considerados excelentes na absorção de nutrientes como o fósforo e na translocação e disponibilização desses nutrientes, aumentam a resistência das plantas ao ataque de patógenos do sistema radicular e melhoram capacidade de absorção de água. Além disso contribuem com o acúmulo de estoques de carbono através da biomassa microbiana e favorecem a estabilidade dos agregados do solo (SIQUEIRA et al., 2010).

A diversificação de resíduos vegetais oriundos de diferentes tipos de culturas pode provocar alterações na composição da comunidade microbiana. Assim, este trabalho teve por objetivo a densidade populacional de nematoides de vida livre e fungos micorrízicos arbusculares, durante o cultivo dos adubos verdes de inverno aveia preta, braquiária, tremoço branco e ervilha forrageira e 60 dias após a semeadura das culturas do milho e da soja em sucessão.

2.4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Estação Experimental Prof. Alcibíades Luiz Orlando - UNIOESTE, no município de Entre Rios do Oeste – PR localizado nas coordenadas geográficas 24°40'32,66" de latitude sul e 54°16'50,46" de longitude oeste, a 244 metros de altitude em relação ao nível do mar. O solo é classificado como LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico, textura muito argilosa (SANTOS et al., 2013). Conforme a classificação climática de Köppen, o clima da região é subtropical úmido mesotérmico (Cfa), com verões quentes, temperaturas médias superiores a 22 °C e invernos com temperaturas médias e inferiores a 18 °C, tendo precipitação pluviométrica média anual de 1600-1800 milímetros (CAVIGLIONE et al., 2000).

Para avaliar a densidade populacional de nematoides e fungos micorrízicos arbusculares do solo foi conduzido um experimento que constou de duas fazes. A primeira com diferentes adubos verdes e a segunda com as culturas de soja e milho em sucessão a estas plantas de cobertura.

No cultivo dos adubos verdes o delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso (DBC) com seis repetições, sendo utilizadas duas culturas da família Poaceae (aveia preta - *Avena strigosa* e braquiária - *Urochloa ruziziensis*) e duas da família Fabaceae (ervilha forrageira - *Pisum sativum* e tremoço branco - *Lupinus albus*). A implantação das culturas de inverno foi realizada mecanicamente com uma semeadora de parcelas no dia 8 de maio de 2014, utilizando 70 kg ha⁻¹ de aveia preta; 8 kg ha⁻¹ de braquiária; 60 kg ha⁻¹ de ervilha forrageira e 50 kg ha⁻¹ de tremoço branco, sem a utilização de adubação de base, cada parcela tinha 5,40 m de largura por 20,0 m de comprimento; totalizando 108,0 m². O espaçamento entre linhas foi de 0,20 m para aveia preta e braquiária e 0,40 m para ervilha forrageira e tremoço branco. O manejo dessas das plantas de cobertura foi realizado aos 120 dias com a utilização de glifosato na dose de 3 kg ha⁻¹ do equivalente ácido.

Para o delineamento experimental das culturas de verão utilizou-se blocos ao acaso (DBC) com parcelas sub-divididas, onde a parcela principal foi constituída dos adubos verdes de inverno e as sub-parcelas consistiram da utilização de duas culturas (de verão) o milho e a soja. Cada sub-parcela tinha 5,40 m de largura por 10,0 m de comprimento; totalizando 54,0 m². Da área das sub-parcelas foram descartados 0,50 m das extremidades (cabeceiras) e 0,45 m das laterais, totalizando

40,50 m². A implantação das culturas de verão foi realizada mecanicamente, 25 dias após o manejo das plantas de cobertura de inverno.

Para o cultivo do milho, foi utilizado o híbrido simples 30F53 de ciclo precoce da Pioneer® no espaçamento de 0,45 m entre linhas, utilizando 4 sementes por metro linear, aproximadamente uma população de 88 mil plantas ha⁻¹. Para o cultivo da soja, foi utilizado a cultivar BMX Turbo RR da BrasMax® no espaçamento de 0,45 m entre linhas, utilizando 18 sementes por metro linear, aproximadamente 80 kg ha⁻¹.

O controle de plantas invasoras e insetos das culturas de verão foi realizado conforme as necessidades das culturas, sendo utilizado como base as recomendações técnicas da Embrapa.

Para avaliar a densidade populacional de nematoides e fungos micorrízicos arbusculares, coletou-se amostras de solo na profundidade de 0-10 cm com auxílio de trado, sendo coletado inicialmente de 8 a 10 amostras por parcela, originando uma amostra total de 300 g de solo. As coletas foram realizadas aos 0, 60, 90, 120 e 150 dias do cultivo das plantas de cobertura de inverno. Já as coletas na área com soja e milho foram realizadas aos sessenta dias após a sua semeadura.

A determinação ocorreu pelo método de decantação e peneiramento úmido, associado ao método flotação centrífuga, utilizando solução de sacarose, em 100 cm³ de solo conforme metodologia proposta por Jenkins (1964). Após a extração, a quantificação dos nematoides e esporos de fungos micorrízicos foi realizada, utilizando-se câmaras de Peters e identificação foi realizada através de chaves de identificação (MAI; LYON, 1982) e (SIQUEIRA; FRANCO, 1988). Os nematoides foram identificados como nematoides de vida livre e parasitas causadores de doenças em plantas (MAI; LYON, 1982), enquanto os fungos micorrízicos arbusculares foram classificados de acordo com espécies (SIQUEIRA; FRANCO, 1988).

Os resultados da densidade populacional de nematoides e fungos micorrízicos do solo foram obtidos pela transformação dos dados de acordo com a equação $\sqrt{x + 0,5}$ e submetidos ao teste de normalidade e homogeneidade de variâncias conforme Lilliefors. Quando a análise de variância foi significativa, realizou-se a análise de regressão. Para realizar as análises foi utilizado o software estatístico Genes VS 2009 7.0. (CRUZ, 2006).

2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos na avaliação microbiológica do solo demonstraram que não houve efeito significativo da palhada dos adubos verdes (tremoço branco, ervilha forrageira, aveia preta, braquiária), sobre o número total de nematoides e fungos micorrízicos arbusculares (Tabela 1).

Tabela 1. Resultado médio total para o número de nematoides e fungos micorrízicos arbusculares no solo (100 cm³) cultivado com adubos verdes.

Microrganismos e Animais	Nematóides de vida livre	<i>Glomus macrocarpum</i>	<i>Scutellospora heterogama</i>	<i>Gigaspora margarita</i>
Tremoço	130,2 ^{ns}	86,3	265,6	146,7
Aveia	126,4 ^{ns}	60,36	274,3	132,4
Braquiária	130,9 ^{ns}	58,5	282,46	142,8
Ervilha	100,2 ^{ns}	51,1	283,86	130,88

Para a obtenção da normalidade e Anava dos dados, as médias foram transformados por $\sqrt{x + 0,5}$.

Houve efeito significativo da época de amostragem (90 DAS) para o número total de nematoides e fungos micorrízicos arbusculares (Figura 1). A maior população de nematoides de vida livre (31,11%), independente da espécie de adubo verde. O mesmo ocorreu para a população de *Glomus macrocarpum* (27,60%); *Scutellospora heterogama* (31,73%) e *Gigaspora margarita* (33,24%).

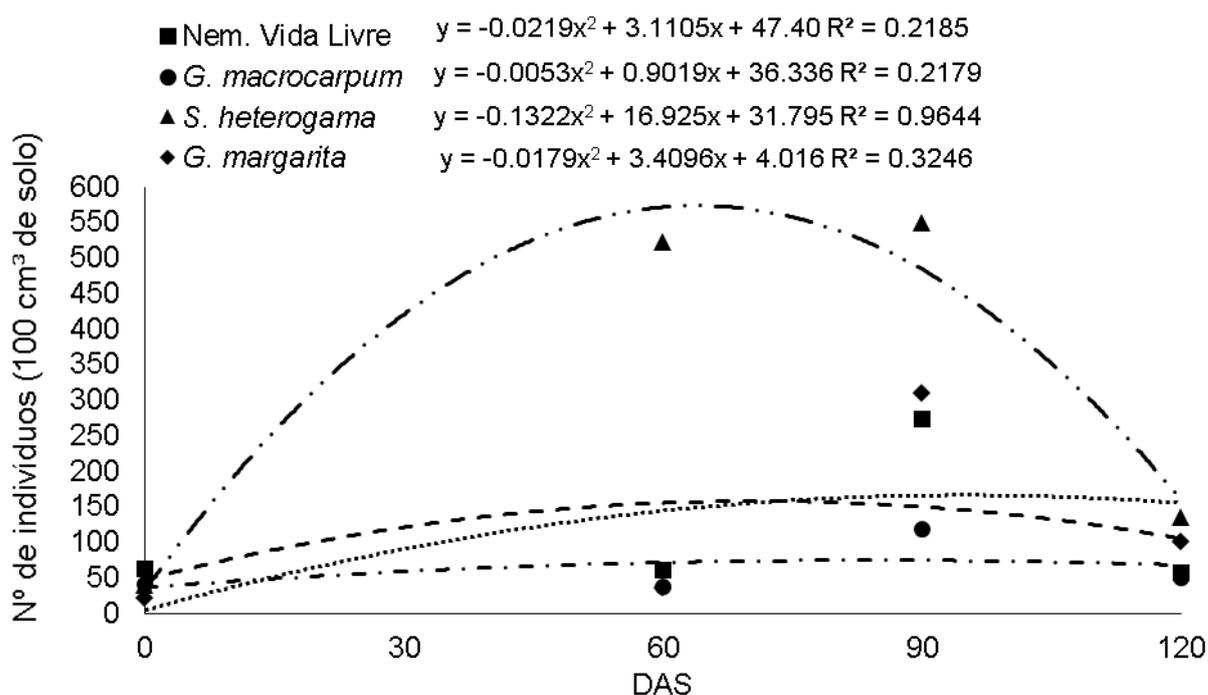


Figura 1. Resultados médios para nematoides de vida livre e fungos micorrízicos arbusculares em diferentes épocas de amostragem, nas culturas de adubos verdes de inverno (braquiária, aveia preta, tremoço branco e ervilha forrageira). Para a obtenção da normalidade e Anava dos dados as médias foram transformadas por $\sqrt{x + 0,5}$.

Resultados semelhantes foram obtidos por Miranda et al. (2005) onde a densidade de esporos dos fungos micorrízicos arbusculares no solo de cerrado nativo em geral foi baixa e aumentou em função do cultivo de espécies de adubos verdes.

Oliveira et al. (2012) encontraram população inicial, no momento do manejo da mucuna de em média de 17,6 nematoides saprófitas 100 g^{-1} de solo.

Os resultados de Silva et al. (2015) diferem dos encontrados neste experimento, pois segundo esses autores houve maior incidência de fungos do gênero *Glomus*, com variação de espécies e maior número de esporos.

Já os resultados de Oliveira et al. (2012) são semelhantes aos encontrados neste experimento, onde identificaram duas espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMA), *Glomus macrocarpum* e *Scutellospora heterogama* com população inicial, no momento do manejo da mucuna de 6,40 indivíduos de *S. heterogama* em 100 g^{-1} de solo e 9,20 indivíduos 100 g^{-1} de solo de *G. macrocarpum*.

Na Tabela 2 é apresentado o número de indivíduos em 100 cm^3 de solo na cultura do milho e soja cultivados sob as diferentes palhadas de adubo verde.

Constatou-se que não houve efeito da palhada de adubos verdes sob o número total de indivíduos.

Tabela 2. Resultado médio total para o número de nematoides e fungos micorrízicos arbusculares no solo (100 cm³) cultivado com soja e milho em sucessão a adubos verdes.

Culturas de Verão	Adubos Verdes	Nematoides	<i>Glomus macrocarpum</i>	<i>Scutellospora heterogama</i>	<i>Gigaspora margarita</i>
Soja	Tremoço	52,8 ^{ns}	99,7	271,8	157
	Aveia	63,9 ^{ns}	90,3	252,1	262,3
	Braquiária	100 ^{ns}	73,8	305	193
	Ervilha	47,5 ^{ns}	38,1	305,6	256,5
Milho	Tremoço	63 ^{ns}	111	367,8	227
	Aveia	119,8 ^{ns}	115,3	388,5	404,8
	Braquiária	80,1 ^{ns}	149,3	327	393
	Ervilha	85 ^{ns}	151,3	407,6	642,6

Para a obtenção da normalidade e Anava dos dados, as médias foram transformados por $\sqrt{x + 0,5}$.

As culturas de soja e milho influenciaram o número de indivíduos totais para *Glomus macrocarpum* e *Gigaspora margarita*. O maior número de *Glomus macrocarpum* (131,75) foi observado no solo cultivado com milho; enquanto na soja o número total foi de 75,51; portanto, o milho proporcionou aumento de 57,31% no número total de indivíduos (Figura 3).

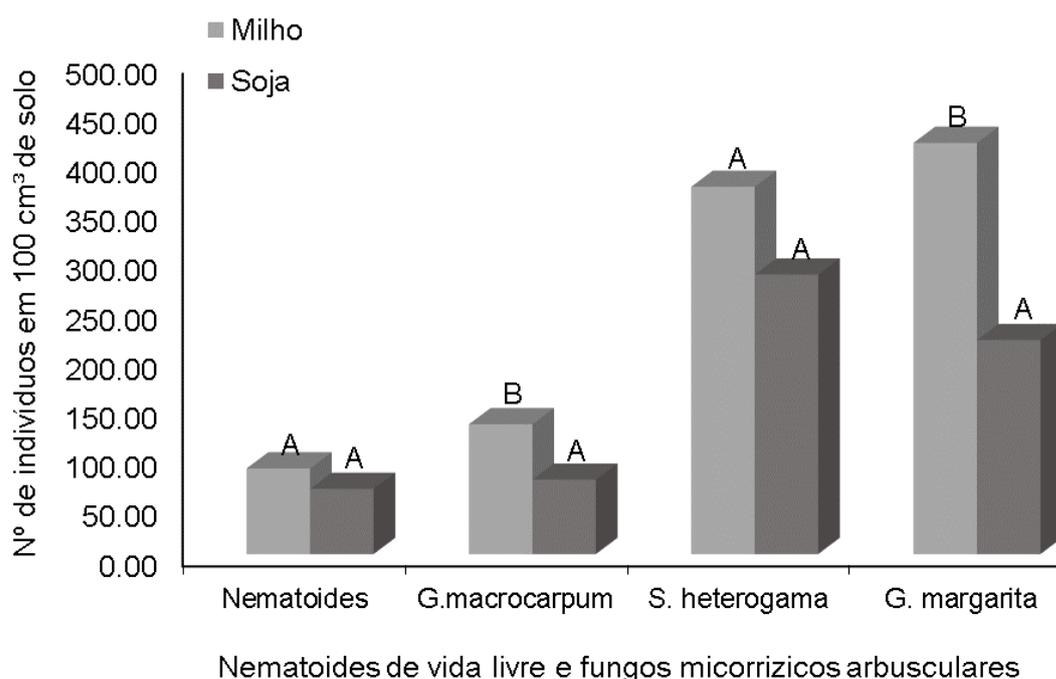


Figura 3. Resultado médio para a população de nematoides de vida livre e fungos micorrízicos arbusculares nas culturas de soja e milho verão em sucessão de adubos verdes de inverno (braquiária, aveia preta, tremoço branco e ervilha forrageira em 100 cm³ de solo). Letras iguais não

diferem pelo teste de Tukey ($p > 0,5$). Para obtenção da normalidade e Anava dos dados as médias dos mesmos foram transformados por $\sqrt{x + 0,5}$.

O número de fungo micorrízico arbuscular *G. margarita* também foi maior na cultura do milho (417,33) enquanto que na soja foi de 217,21, um aumento de 50,84% (Figura 3). Este aumento pode ser explicado pelo maior volume de raízes da cultura do milho e a liberação de exsudatos pelas mesmas, que propiciou associações micorrízicas entre fungos e raízes. Essa associação é extremamente benéfica para a cultura, pois promove um aumento expressivo da superfície específica de absorção do sistema radicular das plantas, aumentando principalmente a absorção de fósforo.

Nos estudos de Merlin et al. (2013), a soja cultivada em sucessão ao cultivo de braquiária aumentou os teores de P inorgânico (extraído com resina) e orgânico (NaHCO_3) no solo, bem como o conteúdo de P nas folhas da soja, independentemente da fonte de P utilizada. Este aumento foi relacionado com a condição micorrízica do solo.

Resultados semelhantes foram observados por Cordeiro et al. (2005), ao avaliarem a colonização micorrízica e a densidade de esporos de fungos micorrízicos arbusculares. Os autores constataram menor colonização micorrízica em área cultivada com soja em sucessão com braquiária, em relação ao milho. Tal fato se deve à menor densidade de raízes na cultura da soja e à menor eficiência fotossintética dessa planta hospedeira. Ressaltaram ainda que é difícil comparar a colonização micorrízica de diferentes espécies de plantas devido à compatibilidade com as espécies de fungos micorrízicos arbusculares existentes no solo.

Angelini et al. (2012), ao trabalharem com a densidade e diversidade de espécies de fungos micorrízicos arbusculares em solo de cerrado, em sistema de plantio direto e convencional, sob palhada de milheto (*Pennisetum americanum sin. tiphoides*), braquiária (*Brachiaria brizantha*) e crotalária (*Crotalaria juncea*), também não constataram efeito significativo dos adubos verdes sob o número de indivíduos até a profundidade de 0-10 cm. Observaram também, maior diversidade de espécies, com destaque para *Acaulospora*, *Gigaspora*, *Scutellospora* e *Glomus* no sistema de plantio direto.

Para nematoides de vida livre e *S. heterogama* não houve diferenças significativas entre a cultura de soja e milho. Esses resultados podem ser corroborados por Goulart (2009), que ao estudar os nematoides de vida livre,

relacionados com a condição ecológica do solo, não encontrou relatos científicos que tratassem desses organismos como membro atuante no sistema.

Diferentemente dos nematoides causadores de doença, onde existem muitos estudos com esses organismos fitopatogênicos, não são encontrados relatos de avaliações da população de nematoides e fungos micorrízicos arbusculares no cultivo dos adubos verdes utilizados neste experimento, porém, estudos com outros adubos verdes como a crotalária, guandu e mucuna foram relatados por (FILHO et al., 2014).

2.6 CONCLUSÕES

A densidade de nematoides saprófitas e fungos micorrízicos arbusculares não foi afetada pelas espécies de adubos verdes (aveia preta, braquiária, tremoço branco e ervilha forrageira).

O maior número total de *Glomus macrocarpum* e *Gigaspora margarita* foram constatados na cultura do milho.

O cultivo de soja ou milho não influenciou o número de nematoides de vida livre.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDREOLA, F.; FERNANDES, S. A. P. **Microbiota do Solo e Qualidade Ambiental**. Instituto ed. Campinas-SP, 2007.
- ANGELINI, G. A. R.; TORRES, J. L. R.; LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; & SAGGIN JÚNIOR, O. J. Colonização micorrízica, densidade de esporos e diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em solo de Cerrado sob plantio direto e convencional. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 33, n. 1, 2012.
- CALVO, C. L.; FOLONI, J. S. S. & BRANCALIÃO, S. R. Produtividade de fitomassa e relação C/N de monocultivos e consórcios de guandu anão, milho e sorgo em três épocas de corte. *Bragantia*, v. 69, n. 1, p. 77 – 86, 2010.
- CARES, J. E.; HUANG, S.P. **Comunidades de nematoides de solo sob diferentes sistemas na Amazônia e Cerrados Brasileiros**. In: MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O.; BRUSSAARD, L. Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros. Editora UFLA, p. 409-444, 2008.
- CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; & OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina : IAPAR, 2000. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=677>>. Acesso em: 16/10/2015.
- CORDEIRO, M. A. S.; PAULINO, H. B.; CARNEIRO, M. A. C.; & SAGGIN JÚNIOR, O. J. Colonização e densidade de esporos de fungos micorrízicos em dois solos do cerrado sob diferentes sistemas de manejo. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 35 (3): 147-153, 2005.
- CRUZ, C.D. Programa Genes: **Biometria**. Editora UFV. Viçosa (MG). 382p. 2006.
- FILHO, L. O. F.; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil**. v. 1. Brasília DF. 2014.
- EMBRAPA. Embrapa Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3º Ed. EMBRAPA. Brasília, DF. 2013.
- FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.; & FONTANELI R. S. **FORAGEIRAS PARA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA NA REGIÃO SUL-BRASILEIRA**. 2º ed., Embrapa, Brasília, 2012.
- GOULART, A. M. C. **Análise de dados em estudos de diversidade de nematoides**. Embrapa Cerrados, Documentos 251. Planaltina, Distrito Federal, 2009.

HERNANI, L. C.; ZANATTA, J. A.; & SALTON, J. C. Efeito de raízes e cobertura morta de *Braquiária ruziziensis* na matéria orgânica e na agregação de um Latossolo Vermelho distroférico. 2013, Florianópolis/Sc. XXXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. **Anais...** Florianópolis/Sc. 2013.v. 4, p.1 – 4.

JENKINS, W. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Report**, v. 48, n. 9, 1964.

MAI W.F & LYON H.H. **Pictorial Key to Genera of Plant-Parasitic Nematodes**. 4 ed. 1982, 220p.

MIRANDA, J. C. C.; VILELA, L.; & MIRANDA, L. N. Dinâmica e contribuição da micorriza arbuscular em sistemas de produção com rotação de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.40, n.10, p.1005-1014, Brasília, 2005.

MIRANDA, P. B; MELLO, A. H; PEREIRA, F. D.; MANESCHY, R. Q. Distribuição de inóculo de fungos micorrízicos arbusculares para sistemas agroflorestais na agricultura familiar. **Agroecossistemas**, v. 3, n. 1, p. 45-51, 2011.

MERLIN, A; LI HE, Z; ROSOLEM, C. A. Ruzigrass affecting soil-phosphorus availability. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.48, n.12, p.1583-1588, dez. 2013.

MOREIRA, F. M. S.; CARES, J. E.; ZANETTI, R.; & STURMER, S. **O ecossistema solo: Componentes, relações ecológicas e efeitos na produção vegetal**. Lavras, UFLA, 2013.

OLIVEIRA, L. C; STANGARLIN, J.R; LANA, M. C; SIMON, D.N.; ZIMMERMANN, A. Influência de adubações e manejo de adubo verde nos atributos biológicos de solo cultivado com alface (*Lactuca sativa* L.) Em sistema de cultivo orgânico. **Arquivos do Instituto Biológico**., São Paulo, v.79, n.4, p.557-565, out./dez., 2012.

SILVA R. F; MARCO, R; BERTOLLO, G. M; MATSOUKA, M; MENEGOL, D. R. Influência do uso do solo na ocorrência e diversidade de FMAs em Latossolo no Sul do Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 3, suplemento 1, p. 1851-1862, 2015.

SIQUEIRA, J. O; SOUZA, F. A; CARDOSO, E. J. B. N; TSAI, S.M. **Micorrizas: 30 anos no Brasil**. Ed. UFV, 1º ed. Lavras, Minas Gerais. 2010.

SIQUEIRA, J. O & FRANCO, A. A. **Biotechnology do solo: Fundamentos e Perspectiva**. Brasília: MEC Ministério da Educação, ABEAS: Lavras: ESAL, FAEPE, 1988. 236p.

SOUZA, C. M.; PIRES, F. R.; PARTELLI, F. L.; & ASSIS, R. L. **Adubação verde e rotação de culturas**. Ed. UFV, 1º ed. Viçosa, Minas Gerais. 2013.

3 CAPÍTULO III – AVALIAÇÃO DA POPULAÇÃO FUNGICA E BACTERIANA E DOS TEORES DE CARBONO E NITROGENIO EM CULTIVO DE SOJA E MILHO EM SUCESSÃO A ADUBOS VERDES DE INVERNO

3.1 RESUMO

Práticas agrícolas podem interferir na biomassa microbiana, com efeito nos processos bioquímicos do solo. Este trabalho teve por objetivo avaliar a população de fungos e bactérias, e os teores de carbono e nitrogênio da biomassa microbiana do solo, durante o cultivo de milho e de soja em sucessão aos adubos verdes de inverno *Avena strigosa*, *Urochloa ruziziensis*, *Pisum sativum* e *Lupinus albus*. Para tanto foi montado um experimento constituído de duas etapas: a primeira com diferentes adubos verdes e a segunda com as culturas de soja e milho em sucessão. No cultivo dos adubos verdes o delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso (DBC). Para o delineamento experimental das culturas de verão utilizou-se DBC em parcelas subdivididas, onde a parcela principal foi constituída dos adubos verdes de inverno, e as sub-parcelas: milho e soja. Os valores estimados da biomassa microbiana do carbono e nitrogênio não foram afetados pelas espécies de adubos verdes utilizadas, e também não foram influenciadas pelas culturas em sucessão. Não houve diferença estatística entre fungos e bactérias para nenhuma das variáveis analisadas.

Palavras-chave: microrganismos, bactérias, fungos, manejo de solo.

3.2 ABSTRACT

Agricultural practices can interfere with microbial biomass, with effect on biochemical processes in soil. This study aimed to evaluate the population of fungi and bacteria and the amount of carbon and nitrogen of microbial biomass in the soil for the cultivation of corn and soybean in succession to cover crops winter *Avena strigosa*, *Urochloa ruziziensis*, *Pisum sativum* and *Lupinus albus*. To measure for this, we mounted an experiment consisted with two steps: the first one with different green manures and the second with the soybean and corn in succession. The cultivation of green manures was in a randomized blocks (DBC), while for the summer crops was used DBC split plot, where the main plot consisted of green winter fertilizers, and the subplots: corn and soy. The estimated values of microbial biomass carbon and nitrogen were not affected by the green manure species used, and also did not be the crops in succession. There was no statistical difference between fungi and bacteria for any analyzed variables.

Key words: microorganisms. Bacteria. Fungi. Soil management.

3.3 INTRODUÇÃO

A exploração do solo pelas praticas agrícolas tem recebido atenção crescente através da utilização de indicadores de qualidade, que auxiliam no diagnostico do ecossistema solo. Estes indicadores são considerados parâmetros importantes, pois permitem o acompanhamento da evolução do solo em função de possíveis estratégias de manejo implantadas (KNUPP et al., 2010).

Dentre as estratégias que vem sendo utilizadas está a adubação verde que proporciona benefícios na constituição e manutenção da matéria orgânica do solo. Dentre as culturas utilizadas como adubos verdes, destacam-se as plantas da família das fabaceas que são excelentes na fixação de nitrogênio atmosférico e produção de biomassa (SOUZA et al., 2013), assim como também, as plantas da família das poáceas, plantas utilizadas para cobertura de solo, pois contribuem com quantidades relativamente elevadas de biomassa (CALVO et al., 2010).

A biomassa microbiana do solo é definida como a parte viva da matéria orgânica, e as praticas de cultivo podem alterar esta condição e vir a interferir diretamente nos processos biológicos e bioquímicos do solo (MERCANTE et al., 2008). A biomassa microbiana é proporcionalmente a menor fração do carbono orgânico do solo e representa a quantidade deste elemento imobilizada nas células microbianas (ALVES et al., 2011). Esta biomassa apresenta rápida ciclagem, responde intensamente a flutuações de umidade e temperatura, cultivo e manejo de resíduos. O nitrogênio da biomassa microbiana é tido como uma fração facilmente disponível para as plantas (GAMA-RODRIGUES et al., 2005).

Dentre os microrganismos do solo, as bactérias são o principal componente da população microbiana; são responsáveis por processos de síntese e catálise, e refletem a fertilidade do solo. Já a concentração de fungos, dentro da população microbiana do solo, é inferior a das bactérias; apesar disso, desempenham papel fundamental na ligação entre as partículas de solo, com acentuados reflexos nas propriedades físicas do mesmo (SILVEIRA; FREITAS, 2007).

O estudo da atividade da biomassa microbiana pode subsidiar manejos adequados para o sistema solo, assim, torna-se de fundamental importância a avaliação dos indicadores mais sensíveis às práticas de manejo, pois após a introdução de culturas, espera-se que o solo estabeleça nova condição de equilíbrio.

Portanto, o monitoramento da biomassa microbiana pode servir como critério para detectar alterações na qualidade do solo.

Dessa forma, este trabalho teve por objetivo determinar a biomassa microbiana do carbono e nitrogênio do solo, durante o cultivo dos adubos verdes de inverno aveia preta, braquiária, tremoço branco e ervilha forrageira e aos 60 dias após a semeadura das culturas do milho e da soja em sucessão.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Estação Experimental Prof. Alcibíades Luiz Orlando - UNIOESTE, no município de Entre Rios do Oeste – PR localizado nas coordenadas geográficas 24°40'32,66" de latitude sul e 54°16'50,46" de longitude oeste, a 244 metros de altitude em relação ao nível do mar. O solo é classificado como LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico, textura muito argilosa (SANTOS et al., 2013). Conforme a classificação climática de Köppen, o clima da região é subtropical úmido mesotérmico (Cfa), com verões quentes, temperaturas médias superiores a 22 °C e invernos com temperaturas médias e inferiores a 18 °C, tendo precipitação pluviométrica média anual de 1600-1800 milímetros (CAVIGLIONE et al., 2000).

Para a determinação do carbono e nitrogênio da biomassa microbiana do solo, assim como a diversidade de fungos e bactérias, foi implantado um experimento que constou de duas etapas. A primeira com diferentes adubos verdes e a segunda com as culturas de soja e milho em sucessão a estas plantas de cobertura.

No cultivo dos adubos verdes o delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso (DBC) com seis repetições, sendo utilizadas duas culturas da família Poaceae (aveia preta - *Avena strigosa* e braquiária - *Urochloa ruziziensis*) e duas da família Fabaceae (ervilha forrageira - *Pisum sativum* e tremoço branco - *Lupinus albus*). A implantação das culturas de inverno foi realizada mecanicamente com uma semeadora de parcelas no dia 8 de maio de 2014, utilizando 70 kg ha⁻¹ de aveia preta; 8 kg ha⁻¹ de braquiária; 60 kg ha⁻¹ de ervilha forrageira e 50 kg ha⁻¹ de tremoço branco, sem a utilização de adubação de base, cada parcela tinha 5,40 m de largura por 20,0 m de comprimento; totalizando 108,0 m². O espaçamento entre linhas foi de 0,20 m para aveia preta e braquiária e 0,40 m para ervilha forrageira e tremoço branco. O manejo dessas das plantas de cobertura foi realizado aos 120 dias com a utilização de glifosato na dose de 3 kg ha⁻¹ do equivalente ácido.

Para o delineamento experimental das culturas de verão utilizou-se blocos ao acaso (DBC) com parcelas sub-divididas, onde a parcela principal foi constituída dos adubos verdes de inverno e as sub-parcelas consistiram da utilização de duas culturas de verão o milho e a soja. Cada sub-parcela tinha 5,40 m de largura por 10,0 m de comprimento, totalizando 54,0 m². Da área útil das sub-parcelas foram

descartados 0,50 m das extremidades (cabeceiras) e 0,45 m das laterais, totalizando 40,50 m². A implantação das culturas de verão foi realizada mecanicamente 25 dias após o manejo das plantas de cobertura de inverno.

Para o cultivo do milho, foi utilizado o híbrido simples 30F53 de ciclo precoce da Pioneer® no espaçamento de 0,45 m entre linhas, utilizando quatro sementes por metro linear, aproximadamente uma população de 88 mil plantas ha⁻¹. Para o cultivo da soja foi utilizado a cultivar BMX Turbo RR da BrasMax® no espaçamento de 0,45 m entre linhas, utilizando 18 sementes por metro linear, aproximadamente 80 kg ha⁻¹.

O controle de plantas invasoras e insetos das culturas de verão foi realizado conforme as necessidades das culturas, sendo utilizado como base as recomendações técnicas da Embrapa.

Para a determinação do carbono e nitrogênio da biomassa microbiana do solo coletou-se amostras de solo na profundidade de 0-10 cm com auxílio de trado. As coletas foram realizadas aos 60, 90, 120 e 150 dias do cultivo das plantas de cobertura de inverno. Já as coletas na área com soja e milho foram realizadas aos 60 dias após a sua semeadura.

Para estimativa da biomassa do carbono e nitrogênio do solo utilizou-se o método de fumigação-extração (SILVA; AZEVEDO; DE-POLLI, 2007). As amostras foram previamente secas ao ar e peneiradas em peneiras de malha 2 mm. Posteriormente foram pesadas 20 g e acondicionadas em frascos de vidro âmbar de 100 ml. O processo se repetiu em triplicatas para as amostras fumigadas e não fumigadas. Para as amostras fumigadas adicionou-se 1 ml de clorofórmio (P.A.), levando a fumigação por 24 horas em temperatura média de 28 °C. Após foram adicionados 50 ml de sulfato de potássio (K₂SO₄) em todas as amostras, fumigadas e não fumigadas e levadas a agitação em 210 rotações por minuto por 30 min, e depois dispostas em bancada para decantação por 30 min. Em seguida foram filtradas em papel filtro e procedeu-se a determinação do carbono e nitrogênio da biomassa microbiana.

A determinação de fungos e bactérias ocorreu pelo método de diluição em serie e plaqueamento descrito por Menezes e Silva-Hanlin (1997), onde amostras de solo na profundidade de 0-10 cm foram coletadas aos 0, 60, 90, 120 e 150 dias para as culturas de adubos verdes e aos 60 dias das culturas em sucessão. Para fungos

utilizou-se o meio de cultura BDA (batata-ágar-dextrose) e para bactérias NA (ágar-nutriente), sendo as placas incubadas por 72 e 24 horas respectivamente.

O número de fungos e bactérias foi determinado pela contagem de unidades formadoras de colônias (UFC), posteriormente multiplicados pelos fatores de diluição.

A determinação dos fungos quanto ao gênero ocorreu através da morfologia de colônias e dos esporos, segundo a classificação descrita por Barnett e Hunter (1999).

Os resultados da biomassa microbiana do carbono e nitrogênio do solo foram obtidos pela transformação dos dados de acordo com a equação $\sqrt{x + 0,5}$ e submetidos ao teste de normalidade e homogeneidade de variâncias conforme Lilliefors. Quando a análise de variância foi significativa, realizou-se a análise de regressão. Para realizar as análises foi utilizado o software estatístico Genes VS 2009 7.0 (CRUZ, 2006).

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.5.1 Carbono e Nitrogênio da Biomassa Microbiana do Solo nos Adubos Verdes

Os resultados obtidos na avaliação do carbono da biomassa microbiana do solo (BM-C) demonstraram que não houve efeito isolado da época e da palhada dos adubos verdes (tremoço branco, ervilha forrageira, aveia preta, braquiária). Contudo, a interação entre os adubos verdes e a época de amostragem afetou a BM-C. Os dados na análise de regressão ajustaram-se equação linear. O aumento médio da biomassa microbiana, independente da espécie utilizada, foi de 88% (FIGURA 1a, b, c e d).

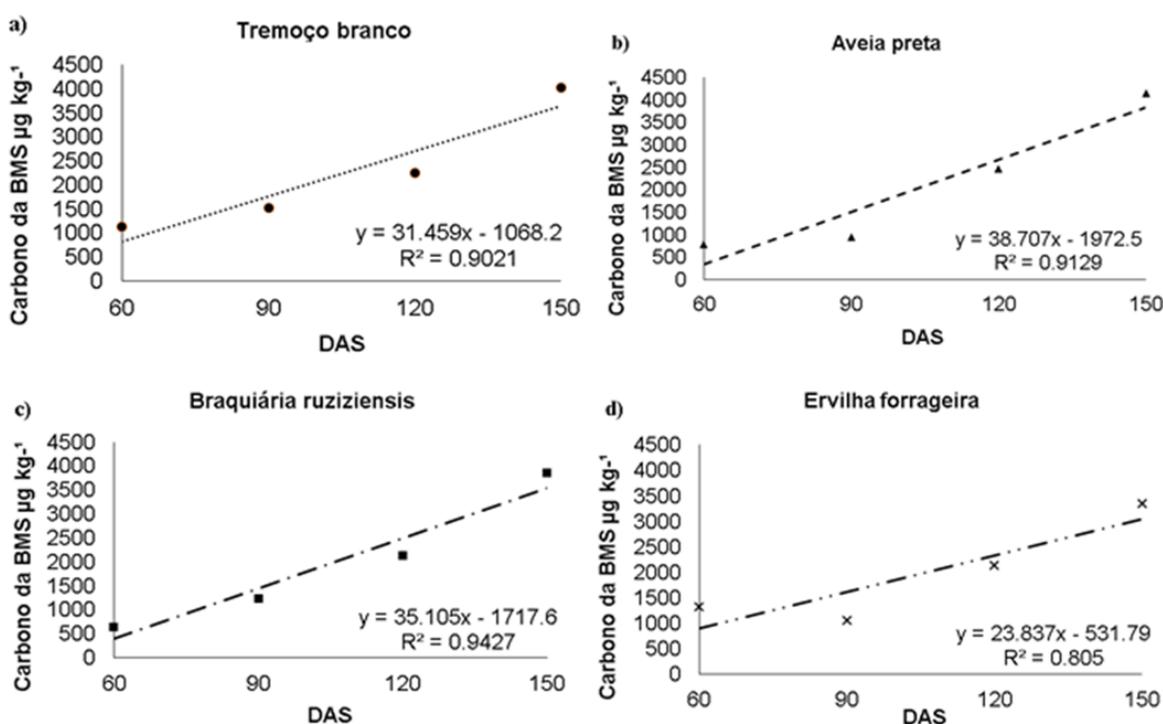


Figura 1. Avaliação do carbono da biomassa microbiana do solo. Para a obtenção da normalidade e Anava dos dados, as médias foram transformados por $\sqrt{x + 0,5}$. As médias são caracterizadas por $\mu\text{g kg}^{-1}$. **a), b), c)** e **d)**: Resultados médios para $\mu\text{g kg}^{-1}$ de C da biomassa microbiana do solo nas culturas de adubos verdes de tremoço branco inverno, aveia preta, braquiária e ervilha forrageira, respectivamente, avaliados nos 150 dias.

O incremento do carbono da biomassa microbiana observado nas culturas com o decorrer do tempo de seu desenvolvimento foi em função do constante fornecimento de material orgânico. Isto demonstra a importância da manutenção

permanente de culturas no sistema agrícola, fornecendo nutrientes para esta microbiota. Estes microrganismos aumentam a ciclagem de nutrientes, e conseqüentemente, sua disponibilidade, bem como a transformação da matéria orgânica (D'ADREÁ et al., 2002; MOREIRA E SIQUEIRA, 2002). Além dos benefícios químicos, a microbiota tem função primordial nas propriedades físicas do solo, aumentando a agregação e a estabilidade dos agregados. Esta melhoria na qualidade física do solo resulta em maior infiltração de água e maior resistência à erosão (FERREIRA; FILHO; FERREIRA, 2010).

Estes resultados podem ser corroborados por Mercante et al. (2008), que observaram acúmulo de carbono da biomassa microbiana do solo no sistema de plantio direto, em relação ao sistema de preparo convencional, cultivados sob palhada de mucuna, sorgo e milho. De acordo com os autores, este acúmulo foi propiciado pela manutenção de resíduos vegetais sobre o solo que, independente da composição da palhada, promoveu aumento da atividade dos microrganismos heterotróficos do solo.

D'Adreá et al. (2002), ao estudarem sistemas de manejo na região de cerrado no sul do estado de Goiás, observaram biomassa microbiana em pastagem de braquiária ($666,2 \mu\text{g g}^{-1}$).

Resultados contrários aos observados neste experimento foram observados por Carneiro et al. (2008), onde o BM-C, de diferentes espécies de adubos verdes, variaram em função das espécies de cobertura do solo.

Na análise do nitrogênio da biomassa microbiana, constatou-se que não houve efeito isolado das culturas e o tempo. Os resultados médios foram de 6,91; 7,18; 6,6; 6,72 expressos em $\mu\text{g kg}^{-1}$ de N da biomassa microbiana do solo nas culturas de braquiária, aveia preta, tremoço branco e ervilha forrageira respectivamente, avaliados nos 150 dias.

Ao estudarem diferentes espécies de adubos verdes, Carneiro et al. (2008) observaram não haver diferença estatística entre as espécies aveia preta, guandu, lab-lab (*Lablab purpureus*), *Crotalaria juncea* e *Crotalaria spectabilis*, milho, nabo forrageiro, níger, feijão de porco e área em pousio. Os autores acreditam que isso se deu devido ao stress ambiental ocorrido nos meses de avaliação.

Santos et al. (2004) ao estudarem rotação com arroz, soja e milho em sistema de preparo convencional do solo observaram diferença em relação aos demais tratamentos utilizados para o carbono e o nitrogênio da biomassa microbiana.

3.5.2 Carbono e Nitrogênio da Biomassa Microbiana do Solo nas Culturas de Soja e Milho

Ao estudar as culturas de soja e milho constatou-se que não houve efeito isolado das culturas e nem houve efeito para o tempo (Tabela 1).

Tabela 1. Resultado médio para carbono e nitrogênio da biomassa microbiana do solo (BMS) aos 60 dias das culturas soja e milho expressos em $\mu\text{g kg}^{-1}$.

Culturas de Verão	Culturas de Inverno	BMS	
		Carbono	Nitrogênio
Soja	Tremoço ^{ns}	2.330,46	149,44
	Aveia ^{ns}	1.952,77	124,47
	Braquiária ^{ns}	1.989,32	160,29
	Ervilha ^{ns}	3.150,84	109,13
Milho	Tremoço ^{ns}	1.045,44	134,64
	Aveia ^{ns}	1.854,93	126,38
	Braquiária ^{ns}	1.081,74	107,89
	Ervilha ^{ns}	1.589,94	141,40

Para a obtenção da normalidade e Anava dos dados, as médias foram transformados por $\sqrt{x + 0,5}$. Resultados médios para $\mu\text{g kg}^{-1}$ de C e N da biomassa microbiana do solo nas culturas de adubos verdes de inverno, (^{ns}) não significativo. .

3.5.3 População de Fungos e Bactérias do Solo nas Culturas de Inverno e de Soja e Milho em Sucessão

Os resultados obtidos na avaliação da população de fungos e bactérias do solo demonstraram que não houve efeito isolado da época e da palhada dos adubos verdes (tremoço branco, ervilha forrageira, aveia preta, braquiária). Contudo, a interação entre os adubos verdes e a época de amostragem afetou a quantidade de unidades formadoras de colônias (UFC) para as bactérias (Tabela 2). Porém os dados na análise de regressão não se ajustaram a nenhuma equação. O mesmo ocorreu para as culturas em sucessão, (soja e milho).

Tabela 2. Unidades formadoras de colônia (UFC) de fungos e bactérias em solo cultivado com adubos verdes de inverno e soja e milho em sucessão.

Culturas	Culturas de Inverno ^{ns}	Microrganismos	
		Bactérias	Fungos
Adubação Verde	Tremoço	766.333	3.710
	Aveia	719.333	3.880
	Braquiária	676.667	4.273
	Ervilha	693.667	3.743
Soja	Tremoço	315.000	3.700
	Aveia	358.333	3.066
	Braquiária	505.000	5.050
	Ervilha	435.000	4.950
Milho	Tremoço	336.666	5.583
	Aveia	346.666	3.833
	Braquiária	405.000	4.933
	Ervilha	390.000	3.916

Para a obtenção da normalidade e Anava dos dados, as médias foram transformados por $\sqrt{x + 0,5}$. As médias são caracterizadas por contagem de UFC g⁻¹, de bactérias e fungos do solo nas culturas de adubos verdes de inverno e soja e milho em sucessão vezes 10⁻⁴.

Ao longo dos 150 DAS constatou-se a presença de três principais gêneros de fungos fitopatogênicos, sendo *Penicillium* sp., *Aspergillus* e *Fusarium* sp.

Para todas as espécies estudadas (tremoço branco, ervilha forrageira, aveia preta, braquiária) houve a incidência de *Fusarium* sp., somente aos 90 DAS das culturas.

Quando analisado as culturas de soja e milho também foram observados os fungos *Penicillium* sp., *Aspergillus* sp., e *Fusarium* sp.

3.6 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos na avaliação da biomassa microbiana do solo demonstraram que não houve efeito da palhada dos adubos verdes sobre o carbono e nitrogênio, porém individualmente constatou-se um aumento considerável na biomassa microbiana do carbono e nitrogênio presente no solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, T. S; CAMPOS, L. L; NETO, N. E; MATSUOKA, M; LOUREIRO, M. F. Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejos. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 2, p. 341-347, 2011.

BARNETT, H. L; HUNTER, B. B. **Illustrated genera of imperfect fungi**. Fourth edition. St. Paul. 1998. 218p.

CALVO, C. L.; FOLONI, J. S. S. & BRANCALIÃO, S. R. Produtividade de fitomassa e relação C/N de monocultivos e consórcios de guandu anão, milho e sorgo em três épocas de corte. **Bragantia**, v. 69, n. 1, p. 77 – 86, 2010.

CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; & OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina : IAPAR, 2000. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=677>>. Acesso em: 16/10/2015.

CARNEIRO, M. A. C; CORDEIRO, M. A. S; ASSIS, P. C. R; MORAES, E. S; PEREIRA, H. S; PAULINO, H. B; SOUZA, E. D. Produção de fitomassa de diferentes espécies de cobertura e suas alterações na atividade microbiana de solo de cerrado. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.2, p.455-462, 2008.

CARVALHO, V. G. **Comunidades de fungos em solo do cerrado sob vegetação nativa e sob cultivo de soja e algodão**. Universidade Federal de Lavras. UFLA. Lavras, Minas Gerais, Brasil. 2008.

CRUZ, C.D. **Programa Genes: Biometria**. Editora UFV. Viçosa (MG). 382p. 2006.

D'ANDRÉA, A. F; SILVA, M. L. N; CURI, N; SIQUEIRA, J. O; CARNEIRO, M. A. C. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região do cerrado no sul do estado de Goiás. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, 26:913-923, 2002.

EMBRAPA. Embrapa Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3º Ed. EMBRAPA. Brasília, DF. 2013.

FERREIRA; R. R. M. FILHO; J. T. FERREIRA; V.M. Efeitos de sistemas de manejo de pastagens nas propriedades físicas do solo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 4, p. 913-932, out./dez. 2010.

GAMA-RODRIGUES, E. F; BARROS, N. F; GAMA-RODRIGUES, A. C; SANTOS, G. A. Nitrogênio, carbono e atividade da biomassa microbiana do solo em plantações de eucalipto. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, 29:893-901, 2005

KNUPP, A. M; FERREIRA, E. P. B; GONZAGA, A. C. O; MOREIRA, F. R. B. Avaliação de indicadores biológicos de qualidade do solo em unidades piloto de produção integrada de feijoeiro comum. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Arroz e Feijão Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 35**. Santo Antônio de Goiás, GO 2010.

MENEZES, M; SILVA-HANLIN, D. M. W. **Guia prático para fungos fitopatogênicos**. Recife: UFRPE, imprensa universitária. 1997. 106 p.

MERCANTE, F. M; SILVA, R. F. S; FRANCELINO, C. S. F; CAVALHEIRO, J. C. T; AURO, A. O. Biomassa microbiana, em um Argissolo Vermelho, em diferentes coberturas vegetais, em área cultivada com mandioca. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 34, n. 4, p. 479-485, 2008.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. Microbiologia e Bioquímica do Solo. Lavras: Editora UFLA, 2002. 626p

OLIVEIRA, L. C; STANGARLIN, J.R; LANA, M. C; SIMON, D.N.; ZIMMERMANN, A. Influência de adubações e manejo de adubo verde nos atributos biológicos de solo cultivado com alface (*Lactuca sativa* L.) Em sistema de cultivo orgânico. **Arquivos do Instituto Biológico.**, São Paulo, v.79, n.4, p.557-565, out./dez., 2012.

SANTOS, V. B; CASTILHOS, D. D; CASTILHOS, R. M.V; PAULETTO, E. A; GOMES, A. S; SILVA, D. G. Biomassa, atividade microbiana e teores de carbono e nitrogênio totais de um planossolo sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira Agrocência**, v.10, n. 3, p. 333-338, jul-set, 2004.

SILVA, E. E; AZEVEDO, P. H. S; DE-POLLI, H. Determinação do carbono da biomassa microbiana do solo – BMS-C. Embrapa Agrobiologia. **Comunicado Técnico, 98**. Seropédica. Embrapa agrobiologia. 2007.

SILVA, E. E; AZEVEDO, P. H. S; DE-POLLI, H. Determinação do nitrogênio da biomassa microbiana do solo – BMS-N. Embrapa Agrobiologia. **Comunicado Técnico, 96**. Seropédica. Embrapa agrobiologia. 2007.

SILVEIRA, A. P. D; FREITAS, S. S. Microbiologia do solo e qualidade ambiental. Instituto Agrônomo Campinas, São Paulo. 2007.

SOUZA, C. M.; PIRES, F. R.; PARTELLI, F. L.; & ASSIS, R. L. Adubação verde e rotação de culturas. Ed. UFV, 1º ed. Viçosa, Minas Gerais. 2013.

4. CONCLUSÕES GERAIS

Os dados obtidos na avaliação deste experimento demonstraram que as culturas utilizadas como adubos verdes não interferiram significativamente em nenhum dos parâmetros avaliados, havendo a necessidade de estudar as mesmas repetidamente para saber se é um comportamento das variáveis ou das culturas em estudo.