

Universidade Estadual do Norte do Paraná

Repositório Institucional UENP

<https://repositorio.uenp.edu.br>

Programa de Pós-Graduação em Agronomia

Dissertações

2021-07-30

Sistema Plocher e o desenvolvimento da soja

Sene, Danielly Wisoczynski de

Universidade Estadual do Norte do Paraná

SENE, Danielly Wisoczynski de. Sistema Plocher e o desenvolvimento da soja. Orientador: Leopoldo Sussumu Matsumoto. 2021. 91 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Campus Luiz Meneghel, Universidade Estadual do Norte do Paraná, Bandeirantes, 2021.

<https://repositorio.uenp.edu.br/handle/123456789/311>

Baixado de Repositório Institucional UENP



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE DO PARANÁ

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

DANIELLY WISOCZYNSKI DE SENE

**SISTEMA PLOCHER E O DESENVOLVIMENTO DA CULTURA
SOJA**

BANDEIRANTES-PR

2021

DANIELLY WISOCZYNSKI DE SENE

**SISTEMA PLOCHER E O DESENVOLVIMENTO DA CULTURA
SOJA**

Dissertação apresentado ao Programa de Mestrado em
Agronomia, da Universidade Estadual do Norte do Paraná,
Campus Luiz Meneghel.

Orientador: Prof. Dr. Leopoldo Sussumu Matsumoto.

BANDEIRANTES-PR

2021

Ficha catalográfica elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UENP

SS475s Sene, Danielly Wisoczynski de
Sistema Plocher e o desenvolvimento da cultura
soja / Danielly Wisoczynski de Sene; orientador
Leopoldo Sussumu Matsumoto - Bandeirantes, 2021.
91 p. :il.

Dissertação (Mestrado Acadêmico Agronomia) -
Universidade Estadual do Norte do Paraná, Centro de
Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em
Agronomia, 2021.

1. Glycine max. 2. Água reorganizada. 3. Nutrição
vegetal. 4. Atributos físico-químicos do solo. 5.
Bioindicadores. I. Sussumu Matsumoto, Leopoldo ,
orient. II. Título.

DANIELLY WISOCZYNSKI DE SENE

**SISTEMA PLOCHER E O DESENVOLVIMENTO DA CULTURA
SOJA**

Dissertação apresentado ao Programa de
Mestrado em Agronomia, da Universidade
Estadual do Norte do Paraná, *Campus* Luiz
Meneghel.

Aprovado em: 30 / 07 /2021

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Leopoldo Sussumu Matsumoto	UENP
Prof. Dra. Karina Aline Alves	UENP
Prof. Dra. Elisete Aparecida Fernandes Osipi	UENP

Prof. Dr. Leopoldo Sussumu Matsumoto
Orientador
Universidade Estadual do Norte do Paraná,
Campus Luiz Meneghel

BANDEIRANTES-PR

2021

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Lucia W. e Sidnei S. que dedicam suas vidas ao bem-estar e à educação dos filhos e, à minha sogra Jane G., por todo apoio e incentivo. Meu eterno agradecimento.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que sempre permaneceu comigo para enfrentar todas as dificuldades, comemorar as conquistas e sempre me iluminou para alcançar o melhor caminho.

Ao meu orientador, Dr. Leopoldo Sussumu Matsumoto, por todo o tempo dedicado a este trabalho e pelas contribuições profissionais e pessoais ao longo desse percurso, o que levarei para toda a vida.

Ao Professor Gilberto Demétrio, por todas instruções a mim direcionadas, por partilhar seu conhecimento e pela disponibilidade em me ajudar.

Agradeço a Caltech Agro, em nome do Breno Paranhos, Leonardo Zanchet e Lucas Gerdulli, pelo suporte financeiro, pela colaboração com o desenvolvimento desse trabalho e por acreditarem em mim.

Ao Daniel Fontes, agradeço pelo conhecimento compartilhado e pelo auxílio ao longo do desenvolvimento de todo o experimento.

Aos meus pais Lucia Wisoczynski e Sidnei Sene, que não mediram esforços para que eu realizasse meu sonho. Que acompanharam a minha jornada e mesmo de longe partilharam aflições e anseios. Obrigada por acreditarem em mim.

Aos meus irmãos Patrícia e Guilherme Wisoczynski, por todo o carinho, amor e compreensão. Ter o apoio de vocês, mesmo à distância, me fez chegar até aqui.

Ao meu noivo Narciso Rodrigues, pelo incentivo e amor incondicional. Obrigada pelo companheirismo, por se fazer presente nesta caminhada, me dar forças e me fazer imensamente feliz. A minha sogra e amiga Jane Guerra, que sempre esteve ao meu lado me incentivando e mostrando os caminhos da vida. Obrigada por fazer parte da concretização deste sonho.

Aos meus amigos do Laboratório de Microbiologia do Solo – LabMicroS, o meu muito obrigada, por colaborarem no desenvolvimento desse trabalho. Em especial ao Bruno A., Gabriel F., José L. e Nathalia D. que fizeram parte não só da minha trajetória profissional, mas pessoal. Levarei vocês para a vida.

Toda a minha caminhada no Mestrado só foi possível porque muitas pessoas especiais estiveram ao meu lado. Esta jornada é resultado do apoio, força e compartilhamento vivenciados e divididos com essas pessoas. A todos que de alguma forma fizeram parte da minha formação, muito obrigada.

SENE, D. W. **Sistema Plocher e o desenvolvimento da soja**. Dissertação de Mestrado em Agronomia – Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus Luiz Meneghel*, Bandeirantes, 2021.

RESUMO

Dentro do agronegócio mundial, a produção de soja está entre as atividades econômicas que mais cresceram nas últimas décadas e, na busca por maior produtividade é adotado manejos alternativos para aumentar e/ou facilitar a disponibilidade de nutrientes e, conseqüentemente melhorar o desempenho das plantas. A reorganização da água como técnica de irrigação é considerada um fator físico que atua positivamente na absorção e assimilação de nutrientes fundamental para o crescimento e o desenvolvimento das plantas e, produtos agrícolas de origem biológica, além de serem voltados para o manejo sustentável, promovem uma agricultura de qualidade. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do Sistema Plocher® no desenvolvimento da soja. Os estudos foram conduzidos na Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus Luiz Meneghel*, no Laboratório de Microbiologia do Solo e na Fazenda Escola Prof. Eduardo Meneghel Rando. O Sistema Plocher® promoveu o aumento na germinação de sementes e não foi observado influência deste, no quesito nutricional das plantas sob os tratamentos em soluções líquidas. No campo, o Sistema proporcionou aumento dos atributos físico-químicos do solo, colonização de fungos micorrízicos arbusculares, melhor enraizamento das plantas e, conseqüentemente aumento na produtividade de grãos.

Palavras-chave: *Glycine max*. Água reorganizada. Nutrição vegetal. Atributos físico-químicos do solo. Bioindicadores.

SENE, D. W. **Plocher system and the development of the soybean crop.**

Dissertation in Agronomy – Universidade Estadual do Norte do Paraná – *Campus Luiz Meneghel*.

ABSTRACT

Within the world agribusiness, soybean production is among the economic activities that have grown the most in recent decades and, in the search for greater productivity, alternative managements are adopted to increase and/or facilitate the availability of nutrients and, consequently, improve plant performance. The reorganization of water as an irrigation technique is considered a physical factor that acts positively in the absorption and assimilation of nutrients essential for the growth and development of plants and agricultural products of biological origin, in addition to being aimed at sustainable management, promote a quality agriculture. The objective of this work was to evaluate the influence of the Plocher® System on soybean development. The studies were conducted at the State University of Northern Paraná, Campus Luiz Meneghel, at the Soil Microbiology Laboratory and at Fazenda Escola Prof. Eduardo Meneghel Rando. The Plocher® System promoted an increase in seed germination and its influence was not observed in the nutritional aspect of the plants under the treatments in liquid solutions. In the field, the System provided an increase in the physicochemical attributes of the soil, colonization of arbuscular mycorrhizal fungi, better rooting of plants and, consequently, an increase in grain yield.

Keywords: *Glycine max.* Vegetable nutrition. Seaweed extract. Leaf spray. Seed treatment. Attributes of the soil.

LISTA DE ABREVIATURAS

\leq	Menor que ou igual a;
μl	Microlitro;
ANR	Água não reorganizada;
AR	Água reorganizada;
C	Carbono;
C	Controle;
Ca	Cálcio;
CaCO₃	Carbonato de cálcio;
CE	Condutividade elétrica;
Cm	Centímetros;
COT	Carbono orgânico total;
EA	Extrato de algas;
FMA	Fungos micorrízicos arbusculares;
g	Gramas;
H⁺	Hidrogênio;
H₂O	Água;
ha	Hectare;
K	Potássio;
kg	Quilogramas;
L	Litro;
M	Mol;
m²	Metro quadrado;
MFPA	Massa fresca da parte aérea;
MFR	Massa fresca da raiz;
Mg	Magnésio;
mL	Mililitro;
mm	Milímetros;
M.O.	Matéria orgânica;
mS	Milisiemens;

MSPA	Massa seca da parte aérea;
MSR	Massa seca da raiz;
N	Nitrogênio
O	Oxigênio;
OH⁻	Íons hidroxila;
P	Fósforo;
PG	Porcentagem de germinação;
pH	Potencial hidrogênioônico;
qCO₂	Quociente metabólico;
RBS	Respiração basal;
Rpm	Revoluções por minuto;
S	Tratamento com pulverização via solo;
SN	Solução nutritiva;
SS	Suspensão de solo;
StSL	Tratamento de sementes, pulverização via solo e pulverização foliar;
TS	Tratamento de sementes;
UENP	Universidade Estadual do Norte do Paraná.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

- Tabela 1.** Descrição dos tratamentos para avaliar a eficiência da água na nutrição da planta soja (*Glycine max*), na presença de extrato de algas e suspensão de solo..... 29
- Tabela 2.** Qualidade dos parâmetros físico-químicos da água não reorganizada (ANR) e da água reorganizada (AR). 33
- Tabela 3.** Atributos agronômicos da planta de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) cultivada em água não reorganizada e água reorganizada, com adição de extrato de alga e suspensão de solo. 35
- Tabela 4.** Conteúdo de Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K) extraídos pela planta de soja cultivada em água normal e reorganizada, com adição de extrato de alga e suspensão de solo..... 37

CAPÍTULO II

- Tabela 1.** Descrição dos tratamentos para avaliar a eficiência de três produtos biológicos na soja (*Glycine max*)..... 61
- Tabela 2.** Análise dos atributos microbiológicos do solo na cultura da soja com doses crescente (0, 250, 375, 500 e 1000 mL) de Plocher Humus Soil[®] com e sem tratamento de semente (Plocher Plants Do[®]) e aplicação foliar (Plocher Combi-Leaf[®] e Plocher Plants Do[®]), no estágio reprodutivo da planta..... 72
- Tabela 3.** Análise dos parâmetros agronômicos da planta soja com doses crescente (0, 250, 375, 500 e 1000 mL) de Plocher Humus Soil[®] com e sem tratamento de semente (Plocher Plants Do[®]) e aplicação foliar (Plocher Combi-Leaf[®] e Plocher Plants Do[®]). 75
- Tabela 4.** Análise dos atributos microbiológicos do solo na cultura da soja com doses crescente (0, 250, 375, 500 e 1000 mL) de Plocher Humus Soil[®] com e sem tratamento de semente (Plocher Plants Do[®]) e aplicação foliar (Plocher Combi-Leaf[®] e Plocher Plants Do[®]), em pós-colheita..... 78

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

- Figura 1:** Representação ilustrativa dos modelos contínuos de misturas, [1a] Clusters isolados na rede contínua de moléculas de água (modelo de misturas); [1b] Ampliação de um cluster de água; [1c] Rede contínua de moléculas de água (PORTO, 1998)..... 21
- Figura 2.** Ensaio de plântulas de soja em recipientes de suspensões/soluções líquidas, instalado em ambiente controlado. Fonte: SENE, 2020..... 30
- Figura 3.** Reorganizador Plocher Agro-Kat, utilizado para reorganizar as moléculas de água. Fonte: SENE, 2020..... 30
- Figura 4.** Preparo da suspensão de solo. Fonte: SENE, 2020..... 32

CAPÍTULO II

- Figura 1.** Área experimental. Fonte: SENE, 2021..... 62
- Figura 2.** Pulverização foliar de produtos do Sistema Plocher®, com pulverizador costal de pressurização por cilindro de CO₂. Fonte: SENE, 2020..... 63
- Figura 3.** Teor de Acidez Ativa (pH), no estádio Vn – R1, nos solos que receberam diferentes doses de produtos biológicos Plocher®. **Dados:** Aplicação via solo com Plocher Humus Soil (S) e aplicação completa com Plocher Humus Soil + Plants Do + Combi Leaf (StSL). 67
- Figura 4.** Teor de Matéria Orgânica (M.O.), no estádio Vn – R1, nos solos que receberam diferentes doses de produtos biológicos Plocher®. **Dados:** Aplicação via solo com Plocher Humus Soil (S) e aplicação completa com Plocher Humus Soil + Plants Do + Combi Leaf (StSL). 68
- Figura 5.** Análise de regressão polinomial do atributo Carbono da Biomassa Microbiana com Aplicação via solo com Plocher Humus Soil (S) e aplicação completa com Plocher Humus Soil + Plants Do + Combi Leaf (StSL). 69
- Figura 6.** 5ª. Leitura da resistência a penetrômetro (MPa) da área antes do plantio. .. 74
- Figura 7.** Regressão polinomial da influência da dose de Humus Soil® sobre a massa fresca de raiz no estádio R1..... 74
- Figura 8.** Regressão polinomial da influência da dose de Humus soil® sobre a massa seca de raiz no estádio R1..... 74

Figura 9. Regressão polinomial da produtividade em sacas por hectares em tratamento de Aplicação via solo com Plocher Humus Soil (S) e aplicação completa com Plocher Humus Soil + Plants Do + Combi Leaf (StSL). 77

Figura 10. Teor de Matéria Orgânica (M.O), pós-colheita, nos solos que receberam diferentes doses de produtos biológicos Plocher®. **Dados:** Aplicação via solo com Plocher Humus Soil (S) e aplicação completa com Plocher Humus Soil + Plants Do + Combi Leaf (StSL). 79

Figura 11. Teor de Acidez Ativa (pH), pós-colheita, nos solos que receberam diferentes doses de produtos biológicos Plocher®. **Dados:** Aplicação via solo com Plocher Humus Soil (S) e aplicação completa com Plocher Humus Soil + Plants Do + Combi Leaf (StSL). 80

SUMÁRIO

1. CAPÍTULO I:	16
1.1. INTRODUÇÃO	18
1.2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
1.2.1. Cultura da soja	19
1.2.2. Água Reorganizada	20
1.2.3. Água Reorganizada na agricultura	22
1.2.4. Características físico-químicos da água	24
1.2.5. Extrato comercial de algas marinhas	26
1.2.6. Nitrogênio, Fósforo e Potássio	27
1.3. METODOLOGIA	28
1.3.1. Caracterização do experimento e delineamento experimental	28
1.3.2. Teste de germinação	29
1.3.3. Água Reorganizada (AR)	30
1.3.4. Análise físico-químico da água	31
1.3.5. Solução Nutritiva	31
1.3.6. Suspensão de Solo	31
1.3.7. Extrato de alga	32
1.3.8. Análise de parâmetros agronômicos	32
1.3.8. Determinação de NPK	32
1.3.9. Análise Estatística	33
1.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
1.4.1. Análise físico-química da água não reorganizada e água reorganizada	33
1.4.2. Taxa germinativa	34
1.4.3. Análise dos parâmetros agronômicos	35
1.4.4. Análise de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K)	37
1.5. CONCLUSÃO	39
1.6. REFERÊNCIAS	39
2. CAPÍTULO II:	48
2.1. INTRODUÇÃO	50
2.2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA	51
2.2.1. <i>Glycine max</i> (L.) Merrill	51
2.2.8. Agricultura biológica	52

2.2.10. Sistema Plocher®	54
2.2.2. Microbiota e indicadores de qualidade do solo	55
2.2.3. Carbono da biomassa microbiana (CBM)	56
2.2.4. Respiração basal (RBS)	57
2.2.5. Carbono orgânico total (COT)	58
2.2.6. Quociente metabólico (qCO_2)	59
2.2.6. Quociente microbiano ($qMIC$)	59
2.2.7. Fungos micorrízicos arbusculares (FMAs)	60
2.3. MATERIAL E MÉTODOS	61
2.3.1. Caracterização do experimento e delineamento experimental	61
2.3.2. Coleta e preparo do solo	62
2.3.3. Pulverização, tratamento de sementes e plantio	62
2.3.4. Pulverização foliar	63
2.3.5. Coleta e análise de solo no estágio final da fase vegetativa e início da reprodutiva (Vn R1) e pós colheita	64
2.3.6. Análises químicas do solo	64
2.3.7. Análises microbiológicas do solo	64
2.3.7.1. Carbono da biomassa microbiana	64
2.3.7.2. Respiração basal do solo	65
2.3.7.3. Quociente metabólico (qCO_2) e microbiano ($qMIC$)	65
2.3.8. Análise de parâmetros agronômicos	66
2.3.9. Avaliação de produtividade	66
2.3.10. Análise estatística	66
2.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	67
2.4.1. Análise química do solo no estágio Vn – R1	67
2.4.2. Análise microbiológica do solo estágio Vn – R1	69
2.4.3. Análise dos parâmetros agronômicos da planta no estágio R1	73
2.4.4. Análises pós-colheita	76
2.5. CONCLUSÃO	80
2.6. REFERÊNCIAS	81

1. CAPÍTULO I:

SENE, D. W. **Água reorganizada e a eficiência na nutrição inicial da planta soja.** Dissertação do Mestrado em Agronomia – Universidade Estadual do Norte do Paraná – Campus Luiz Meneghel.

RESUMO

A maior parte dos nutrientes necessários para o metabolismo das plantas é absorvido da solução do solo. Assim a translocação desses nutrientes a partir do uso de água convencional pode ser limitado quando comparada a água reorganizada (AR). Extratos de algas marinhas possuem atividade promotora de crescimento de plantas e são de extrema relevância para a agricultura e horticultura quando utilizados como adubos e fertilizantes orgânicos. A reorganização da água como técnica de irrigação é considerada um fator físico que afeta positivamente o crescimento e o desenvolvimento das plantas por aumentar a absorção e assimilação de nutrientes. O objetivo desse trabalho foi avaliar a eficiência da água reorganizada na nutrição inicial da planta de soja, na presença de extrato de algas e suspensão de solo. O estudo foi conduzido no Laboratório de Solos (LabMicros) da Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus* Luiz Meneghel. O experimento foi composto por 8 tratamentos e 6 repetições, em delineamento inteiramente casualizado, totalizando 48 plantas de soja cultivadas em solução e suspensão líquidas. Analisou-se as características físico-químicas da água reorganizada (AR) e da água não reorganizada (ANR), sendo que o pH e a condutividade elétrica não apresentaram diferença significativa em ambas as variáveis, enquanto a alcalinidade e a dureza alcançaram valores diferentes entre elas. O teste germinativo foi feito em areia e as sementes irrigadas com AR obtiveram 78% de germinação no quinto dia após a semeadura, enquanto as sementes irrigadas com ANR atingiram 63% no mesmo período. Após 31 dias de desenvolvimento das plantas de soja, cultivadas em solução e suspensão líquidas, foi analisado os parâmetros agronômicos de altura da parte aérea, comprimento da raiz, massa fresca e seca da planta, além do conteúdo extraído dos elementos nitrogênio (N), potássio (K) e fósforo (P). Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo Teste de Tukey a 5%. Com base nos resultados obtidos, pode se concluir que a água reorganizada aumentou e acelerou a germinação das sementes e também o crescimento das plantas, porém, a reorganização das moléculas de água não favoreceu no quesito nutricional das plantas. Já os tratamentos com suspensão de solo promoveram maior desenvolvimento das plantas.

Palavras-chave: *Glycine max*. Extrato de alga, Suspensão do solo, Plocher Agro-kat.

SENE, D. W. Reorganized water and the efficiency of soy plant nutrition.

Dissertation in Agronomy – Universidade Estadual do Norte do Paraná – *Campus* Luiz Meneghel.

ABSTRACT

Most of the nutrients needed for plant metabolism are absorbed from the soil solution. Thus, the translocation of these nutrients from the use of conventional water can be limited when compared to reorganized water (AR). Seaweed extracts have plant growth-promoting activity and are extremely relevant for agriculture and horticulture when used as fertilizers and organic fertilizers. The reorganization of water as an irrigation technique is considered a physical factor that positively affects the growth and development of plants by increasing the absorption and assimilation of nutrients. The objective of this work was to evaluate the efficiency of reorganized water in the initial nutrition of the soybean plant, in the presence of algae extract and soil suspension. The study was conducted at the Soil Laboratory (LabMicros) of the State University of Northern Paraná, Campus Luiz Meneghel. The experiment consisted of 8 treatments and 6 replications, in a completely randomized design, totaling 48 soybean plants cultivated in liquid solution and suspension. The physicochemical characteristics of reorganized water (AR) and non-reorganized water (ANR) were analyzed, with pH and electrical conductivity showing no significant difference in both variables, while alkalinity and hardness reached different values between them. The germination test was carried out in sand and seeds irrigated with AR achieved 78% germination on the fifth day after sowing, while seeds irrigated with ANR reached 63% in the same period. After 31 days of development of the soybean plants, grown in liquid solution and suspension, the agronomic parameters of shoot height, root length, fresh and dry mass of the plant, in addition to the content extracted from the elements nitrogen (N) were analyzed. potassium (K) and phosphorus (P). The results were subjected to analysis of variance and means compared by Tukey test at 5%. Based on the results obtained, it can be concluded that the reorganized water increased and accelerated seed germination and plant growth, however, the reorganization of water molecules did not favor the nutritional aspect of plants. Treatments with soil suspension, on the other hand, promoted greater plant development.

Keywords: *Glycine max.* Vegetable nutrition. Seaweed extract.

INTRODUÇÃO

Vários fatores vêm contribuindo para a limitação da produção agrícola, sendo os principais, a baixa fertilidade do solo e conseqüentemente a má nutrição das plantas. O crescimento e desenvolvimento das espécies vegetais variam em exigência nutricional, sendo responsáveis pelas características morfológicas e fisiológicas de cada espécie, contribuindo para o uso eficiente dos nutrientes (LOPES; GUILHERME, 2007).

Os mecanismos envolvidos na eficiência nutricional das plantas diz respeito à competência de absorção e utilização de nutrientes (REZENDE, 2017). Tais fatores implicam em um sistema radicular extenso, uma alta relação entre raiz e parte aérea, maior eficiência de absorção, eficácia na utilização de nutrientes disponíveis, além de alta taxa fotossintética, tornando as plantas complexas e bastante eficientes (MARQUES et al., 2018).

O sucesso da agricultura está relacionado com o uso da irrigação e do manejo adequado dos recursos naturais, gerando condições potenciais de alta produtividade (SILVA et al., 2008). A irrigação objetiva atender à demanda de água das plantas e precisa ser aplicada em quantidade correta. Quando insuficiente, prejudica o desenvolvimento do sistema radicular e quando em excesso, provoca desperdícios de água, energia e nutrientes do solo (REZENDE, 2017).

Os efeitos significativos da interação entre a água e a reorganização de suas moléculas ainda têm suas causas pouco elucidadas, o desempenho deste conjunto apresenta vários resultados positivos na agricultura. Quando exposta a este tipo de mecanismo, algumas propriedades da água são alteradas, como o aumento da sua condutividade elétrica, aumento do pH e da força iônica (ZHOU et al., 2000; PORTO, 2004).

A água reorganizada, quando utilizada na irrigação agrícola, proporciona aumento da qualidade das características de diferentes culturas, tanto em fator crescimento, como em produção (EL SAYED; EL SAYED, 2015). Quando reorganizada, a água apresenta modificações em suas propriedades, incluindo por exemplo, pH e força iônica, tornando-se mais energética e com capacidade de movimentação, aumentando a concentração de nutrientes disponíveis na solução do solo e a capacidade absorviva das plantas (TAI et al., 2008).

Além da água reorganizada ser uma opção de melhoria para a agricultura, o uso de extrato de algas marinhas como biofertilizante também pode auxiliar na correção de fatores limitantes à agricultura, como a fertilidade do solo (NORRIE, 2008). As algas marinhas têm sido reconhecidas como excelentes adubos e bioestimulantes naturais para as plantas, já que as mesmas realizam a sintetização de hormônios vegetais (SILVA et al., 2016).

Dentre as vantagens na utilização de extratos de alga como estimulantes do crescimento vegetal, inclui-se maior taxa de germinação, desenvolvimento do sistema radicular vegetal, aumento na área foliar, qualidade de fruto e vigor da planta (SANTOS et al., 2013; SANTOS, 2018). Além disso, plantas tratadas com extrato de algas, possuem maior teor de constituintes bioquímicos, tais como clorofila, carotenoides, proteínas e amilases, tornando as plantas mais resistentes a patógenos e a estresse ambiental (HERNÁNDEZ-HERRERA et al., 2018). O biofertilizante também proporciona melhor taxa fotossintética e transpiração para as plantas, o que resulta em maior absorção e acúmulo de nutrientes, como o nitrogênio, fósforo e potássio (THALES et al., 2013).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência da água reorganizada na germinação e na nutrição inicial da soja, na presença de extrato de algas e suspensão de solo.

1.1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.2.1. Cultura da soja

A soja (*Glycine max* Merrill (L.)) é uma planta herbácea, pertencente à classe Rosidaeae, família Fabaceae, subfamília Papilionoideae. A soja é originária da Ásia e foi introduzida no Brasil por meio dos Estados Unidos em 1882, porém o seu cultivo iniciou-se somente entre os anos de 1900 e 1901 (EMBRAPA, 2013).

A cultura da soja é considerada referência no mercado agrícola mundial. No ano de 2021 o Brasil assumiu o primeiro lugar em produtividade (CONAB, 2021).

Além de contribuir nas exportações, inúmeras famílias brasileiras, de diversas classes econômicas, dependem diretamente dos empregos gerados por essa cultura (FARIAS et al., 2007).

A cultura da soja possui a capacidade de adaptação em diversas regiões do mundo. Dispõe de bom desenvolvimento em locais com temperaturas que variam entre 20 a 30 °C, e a temperatura ideal para a emergência de plântulas é de 25°C (TEJO et al., 2019). Em temperaturas menores ou iguais a 10 °C, o crescimento vegetativo da soja é pequeno e/ou nulo, já temperaturas acima de 40 °C têm efeito adverso na taxa de crescimento, provoca distúrbios na floração e limitação na capacidade de retenção de vagens (EMBRAPA, 2013).

A cultura da soja dispõe de potencial produtivo máximo determinado pela sua genética. Este potencial pode sofrer modificações em decorrência de fatores ambientais como temperatura, umidade, disponibilidade de água e fotoperíodo (TEJO et al., 2019; EMBRAPA, 2010). A planta carece de condições ambientais favoráveis, afim de expressar seu bom desenvolvimento e maiores produtividades (TEJO et al., 2019; EMBRAPA, 2010).

A água representa 90% do peso total da planta e atua em processos fisiológicos e bioquímicos. Na germinação, a disponibilidade de água é de extrema importância, pois a semente requer que 50% do seu peso seja água, para suceder a embebição e o desenvolvimento radicular (EMBRAPA, 2010). Com o desenvolvimento, as plantas aumentam a necessidade de água, alcançando o pico máximo no florescimento e enchimento de grãos (EMBRAPA, 2010).

1.2.2. Água Reorganizada

A água apresenta uma estrutura simples, com características específicas e comportamento físico-químico diferente de outras substâncias. Através das fortes ligações de hidrogênio entre as moléculas (interações intermoleculares), a água possui valores elevados de calor específico e calor de vaporização (ZHOU et al., 2000; PORTO, 2007).

Existem dois modelos principais que ajudam a elucidar suas características. O Modelo Contínuo, é formado por uma rede flexível de ligações de hidrogênio entre as moléculas de água e, quando perturbada pode sofrer distorções locais (PORTO, 2007; GENEROSO, 2016). O Modelo de Misturas, presume que a água é composta por uma mistura de *clusters* de tamanhos diferentes, formados por ligações de hidrogênio e moléculas de água livres, ou seja, que não estejam conectadas por ligações de hidrogênio (PORTO, 2007; GENEROSO, 2016).

Quando a água é exposta ao reorganizador, ocorre o enfraquecimento ou quebra das ligações de hidrogênio intermoleculares. Ao se adotar o modelo de misturas, é possível se ter um novo arranjo de *clusters* de tamanhos menores, os quais têm uma maior mobilidade para permear barreiras específicas (Figura 1) (PORTO, 2004; BOSO; BROETTO, 2018).

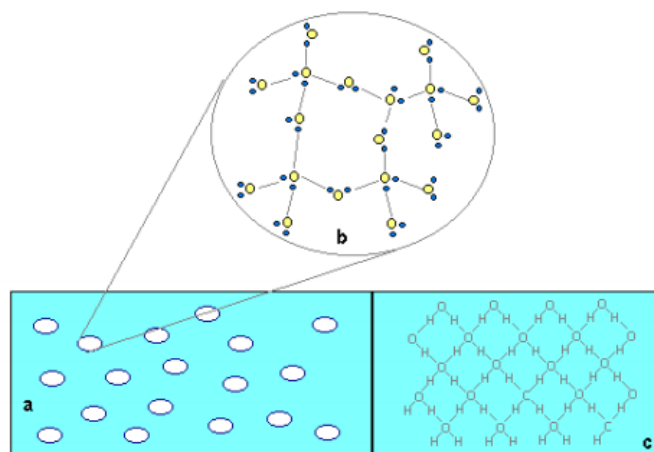


Figura 1: Representação ilustrativa dos modelos contínuos de misturas, [1a] Clusters isolados na rede contínua de moléculas de água (modelo de misturas); [1b] Ampliação de um cluster de água; [1c] Rede contínua de moléculas de água (PORTO, 1998).

Em 1980 o alemão Roland Plocher desenvolveu a Tecnologia *Plocher*, que na época foi uma ideia para conter os problemas ambientais da região em que vivia (SANJUAN, 2019). Sua base de atuação é a água reorganizada e seu sistema se baseia em procedimentos de concentração física e de transmissão de dados e energia (SANJUAN, 2019).

A modificação do Sistema Plocher na água, define a orientação e alinhamento dos *clusters* e dos íons presente na água, isto porque, tal tecnologia gera ordem em suas moléculas (SANJUAN, 2019). A alteração está relacionada com o comportamento físico, que não afeta a estrutura química da água e de seus íons, não formando novos compostos (COSTA, 2006; BROETTO, 2018).

DeMeo (2010), relata que aparatos que realizam essa reorganização, acumula e concentram energia cósmica ou Órgonica, que se faz em um feixe coerente, semelhante a tecnologia de um laser (SANJUAN, 2019). Com este feixe, acredita-se que se possa copiar as radiações naturais da água e transportá-los para outro material escolhido como portador de dados, que neste caso, são as plantas (SANJUAN, 2019).

Quando a água comum é submetida ao sistema, acontece o enfraquecimento e a quebra de ligações de hidrogênio entre as moléculas de água. Além disso, ocorre novas

associações de moléculas, que possivelmente ocasionem a acidificação da água, que interfere menos na dinâmica dos íons transportadores de carga e aumenta a condutividade elétrica desta água tratada (ZHOU et al., 2000).

Sabe-se então que a água líquida é formada por um átomo de oxigênio (O) e dois átomos de hidrogênio (H), as moléculas são mantidas juntas por ligações covalentes polares, devido a diferença de eletronegatividade entre o hidrogênio e o oxigênio e, a geometria molecular da água (ELIAS, 2015).

A atração que acontece entre a região negativa parcial do átomo de oxigênio e, a carga positiva parcial do hidrogênio, origina uma associação de várias moléculas de água, ou seja, um retículo irregular constituído de vários tetraedros entrelaçados (BOSO; BROETTO, 2018). Ao adotar-se os *clusters* nas propriedades da água, sua constituição de moléculas H₂O passa a ser (H₂O)_n, considerando a média da sua distribuição de tamanho de *clusters* (PORTO, 2007).

Em materiais denominados de ferromagnéticos e paramagnéticos, o alinhamento eletrônico ocorre no mesmo sentido do campo externo aplicado, já nos materiais diamagnéticos, como a água, o alinhamento ocorre no sentido oposto ao campo aplicado (COSTA, 2006). Assim sendo, o termo “água magnetizada” é incorreto apesar de ser comumente utilizado, isto, porque ela não adquire as mesmas características magnéticas de materiais como o ferro e o alumínio, pelo seu diamagnetismo (BARBORA, 2002; COSTA, 2006). Contudo, é correto referir-se à água quando submetida a este tratamento, como Água Reorganizada (AR).

Em 1980, Fujio Shimazaki foi a primeira pessoa a relatar que a reorganização dos *clusters* de água poderiam melhorar a germinação de sementes e acelerar o desenvolvimento das plantas, a partir daí, estudos começaram a ser desenvolvidos para comprovar sua influência nas propriedades biológicas e físico-químicas da água e das plantas (HAZAYN et al., 2011; GENEROSO, 2016).

Sabe-se que os reorganizadores de água modificam a distribuição de tamanho dos *clusters*, aqueles de tamanhos menores terão maior facilidade de permear algumas barreiras, que podem circular pelas estruturas vegetais, carregados de radicais livres e nutrientes (ZHOU et al., 2000; PORTO, 2007; GENEROSO, 2016). Fatores que sugerem melhorias na economia e na produção agrícola (GENEROSO, 2016).

1.2.3. Água Reorganizada na agricultura

Estudos relatam a capacidade e alteração de propriedades da água, atribuídos ao aumento da mobilidade e da captação de íons. Para comprovar o efeito da Água Reorganizada (AR), experimentos estão sendo realizados com diferentes culturas (ZHOU et al., 2000; PORTO, 2004).

Culturas irrigadas com água reorganizada podem ser influenciadas de forma assertiva quanto a disponibilidade de nutrientes e/ou reduzir perdas na solução do solo, além de contribuir no transporte dos solutos (HOZAYN et al., 2011; AMER et al., 2014).

Na agricultura, a AR tem sido utilizada em diferentes espécies, as quais apresentaram resultados positivos quando comparados com a aplicação da irrigação com água comum. No trigo e no milho, resultados apresentaram modificações nas características fenotípicas, demonstrando melhorias na germinação das sementes, no crescimento das plântulas e aumentaram os parâmetros de quantidade e qualidade dos componentes químicos de ambas as plantas (HOZAYN et al., 2011; ABEDINPOUR; ROHANI, 2016). Os efeitos benéficos nos caracteres dessas plantas citadas, podem ser em consequência das alterações no nível bioquímico e no nível celular das plantas, devido à influência na ativação dos íons (ALADJADJIYAN, 2002; ELIAS, 2015).

No arroz, os resultados apontaram aumento na germinação das sementes tratadas e aumento nas proteínas e carboidratos totais em comparação ao tratamento controle, com água comum (BABALOO et al., 2018).

O aumento da germinação e da qualidade das sementes e, a taxa de crescimento das plântulas, podem ser em razão dos caracteres paramagnéticos dos cloroplastos, que causam a aceleração no metabolismo das sementes quando expostas a AR (ALADJADJIYAN; YLIEVE, 2003; AGHAMIR et al., 2015). Além disso, é responsável pela ativação de enzimas e hormônios envolvidos no processo de germinação e mobilização de nutrientes (ABEDINPOUR; ROHANI, 2016).

A clorofila é um dos pigmentos de maior importância, que está diretamente ligada na conversão da energia luminosa em energia química. O aumento de pigmentos fotossintéticos aumenta a mobilidade e a captação de íons da AR, o que resulta em uma melhor atividade fotossintética das plantas, indicando sua saúde e produtividade (PIETRUSZEWSKI, 1999; BABALOO et al., 2018).

Em cultivares de alface, a altura da parte aérea e o comprimento radicular apresentaram desenvolvimento superior, ao serem submetidas a irrigação com AR. Em mudas de alface, o seu uso aumentou a solubilidade dos minerais e a permeabilidade

no solo, além de promover o adiantamento do ciclo de vida completo da cultura e, consequentemente a redução na quantidade de água para irrigação (PUTTI, 2014; MARTINS et al., 2018). Concluiu-se com os estudos, que o uso de AR em alface, pode aumentar a produção e reduzir o volume de água utilizado na irrigação.

Outros estudos relataram resultados insatisfatórios em relação ao aumento de radicais livres, inibição do crescimento celular, redução germinativa e redução no crescimento de órgãos vegetais, em culturas irrigadas com água reorganizada (SAHEBJAMEI et al., 2007; SARRAF et al., 2020).

Ao todo, a irrigação agrícola com água reorganizada, pode aumentar a umidade do solo, reduzir o pH, diminuir a perda de água e/ou nutrientes por lixiviação e alterar o efeito da lâmina de irrigação no solo, que muitas vezes é responsável pela redução da capacidade absorptiva das plantas (KHOSHRAVESH et al., 2011; PUTTI, 2014).

A agricultura irrigada tem se tornado um importante mecanismo para a otimização da produção agrícola em busca de melhor produtividade. Esta técnica é responsável por 70% do consumo mundial de água entre os diversos usuários deste recurso natural (GENESORO, 2016).

A maioria dos nutrientes necessários para o desenvolvimento vegetal, são absorvidos da solução do solo pelos mecanismos de transportes, provenientes do fluxo de massa, interceptação das raízes e por difusão. Contudo, as raízes não apresentam capacidade suficiente de extrair a maioria dos nutrientes que se encontram no solo, pelo fato de alguns deles estarem retidos às partículas da fração sólida do solo ou estarem em formas assimilares às plantas (PUTTI, 2014; GENEROSO, 2016).

Comparada com os resultados apresentados dos diferentes estudos, utilizando água reorganizada para a irrigação na agricultura, a água convencional para a irrigação pode ser limitada, uma vez que, apenas parte da quantidade dos elementos nutritivos se dissolvem no solo e tornam-se disponíveis para a absorção das plantas (PUTTI, 2014).

1.2.4. Características físico-químicas da água

Estudos realizados com a água reorganizada mostram que, quando em contato com o aparelho, as características físico-químicas da água são alteradas, sendo que o pH, a alcalinidade, condutividade elétrica e a dureza são as que mais se destacam nas

pesquisas realizadas (GRUBER; CARDA, 1981; MAHESHWARI; GREWAL, 2009; FLORES, 2019).

As características físico-químicas da água e de soluções aquosas têm como objetivo identificar e quantificar elementos e espécies iônicas presentes nesses complexos (SILVA et al., 2019). A determinação dos teores obtidos nas amostras analisadas são comparados aos padrões conhecidos por portarias e resoluções legais, que dão adjutórios aos laboratórios na expedição de seus laudos (PARRON et al., 2011).

A faixa ideal de pH para a maioria das plantas é entre 6,0 e 9,0, valores estes que são classificados como normais pela Resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005), entretanto, várias culturas têm se adaptado à valores de pH fora desses parâmetros (MELO et al., 2020). Os valores de pH, fora da faixa recomendada podem causar obstrução física em sistemas de irrigação e a assimilação de nutrientes pelas plantas (MELO et al., 2020; RODRIGUES et al., 2020).

Alcalinidade é a concentração total de hidróxidos, carbonatos e bicarbonatos, expressa em Carbonato de Cálcio (CaCO_3) (FUNASA, 2013). A alcalinidade total nada mais é, que a soma da alcalinidade produzida por íons H^+ ou OH^- livres presentes numa água (SILVA; SILVA, 2018). Segundo a Resolução CNNPA n° 12 (ANVISA, 1978), as águas devem atender até 120 mg/L em termos de CaCO_3 .

A condutividade elétrica (CE) representa o nível de salinidade e/ou a concentração de sais solúveis na água (TREVISAN, 2020). Se a condutividade for alta, a elevada concentração de sais disponíveis pode danificar as raízes impedindo sua nutrição adequada e, se a CE, ou seja, se a concentração de sais disponíveis na solução for baixa, as plantas não possuirão nutrição suficiente para seu desenvolvimento (CARRIJO et al., 2005).

Em uma solução com água, compostos orgânicos e inorgânicos influenciam os níveis de condutividade (TREVISAN, 2020). A Resolução CONAMA 357/2005 não define um valor limite para a CE (BRASIL, 2009), porém, acredita-se que seus valores devem variar de acordo com a cultivar adotada, pois suas taxas são proporcionais à concentração dos vários íons em uma solução (COSTA et al., 2001). A absorção de água e nutrientes são influenciáveis pela condutividade elétrica da solução, pois a sua variação altera a fisiologia das plantas (HUET, 1994; BELTRÃO, et al., 1997). Essa alteração remete-se ao aumento ou diminuição da área foliar e à abertura de estômatos (COSTA et al., 2001).

A dureza total da água está relacionada com a concentração de íons de alguns minerais dissolvidos, como íons cálcio e magnésio, expressos como CaCO_3 (FUNASA, 2013).

A água é considerada muito dura, quando apresenta uma concentração com variação entre 120 e 180 mg/L^{-1} de CaCO_3 , moderadamente dura entre 60-120 mg/L^{-1} e macia com teores $<60 \text{ mg/L}^{-1}$ (FUNASA, 2013).

1.2.5. Extrato comercial de algas marinhas

Extrato de algas é reconhecido como um excelente adubo e biofertilizante natural para as plantas. Sabe-se que para o bom desenvolvimento de plantas, como a soja, além da necessidade da presença de luz, água e temperatura adequada, os elementos minerais, conhecidos como macro e micronutrientes, são fundamentais para composição e nutrição das mesmas (RATKE et al., 2020).

As algas são utilizadas na agricultura como fertilizantes e bioestimulantes há vários séculos, tanto na forma seca ou em extrato líquido (SILVA, 2011). Nos anos 50, passou-se a comercializar o extrato de algas com o intuito de melhorar a taxa de germinação de sementes, crescimento do sistema radicular, produção de flores e frutos e indução de resistência a pragas e doenças (NORRIE, 2008; SILVA, 2011; SILVA et al., 2016).

Biofertilizante refere-se a misturas de reguladores vegetais com outros compostos de natureza bioquímica diferente. O uso desta técnica é uma alternativa que tem apresentado bons resultados no crescimento e desenvolvimento de cultivos (CECATO; MOREIRA, 2013). Estes, são qualificados como produtos constituídos de componentes ativos e/ou agente biológicos, que são capazes de atuar direta ou indiretamente sobre toda ou parte das plantas cultivadas (SILVA, 2011).

Os extratos de algas marinhas podem afetar as propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos, além de aumentar a capacidade de retenção de umidade e promover o desenvolvimento de microrganismos do solo benéficos aos cultivos, influenciando o crescimento e a sanidade das plantas (NORRIE; HILTZ, 1999).

Como alternativa à suplementação de nutrientes, os biofertilizantes podem ser aplicados via solo, sistemas de irrigação ou pulverização foliar dos vegetais, dependendo do tipo de cultura a ser empregado (SILVA, 2011).

A aplicação de extrato de algas na produção de araticum-do-brejo e em alface, promoveu aumento no diâmetro do colo e no número de folhas. Este tipo de biofertilizante apresenta em sua composição fitormônios (citocinina e giberelinas), que interagem na divisão e alongamento celular (SILVA et al., 2016).

Em alface, o extrato apresentou efeito estimulador no crescimento radicular, aumentou a capacidade das raízes de absorverem água e os principais nutrientes disponíveis no solo (CECATO; MOREIRA, 2013). A aplicação do biofertilizante em morangos, apresentou diferenças significativas na produtividade, massa fresca e aumento no número de frutos (SILVA, 2011).

As plantas absorvem os nutrientes pelas raízes ou pela superfície das folhas. Os extratos de algas alteram as propriedades físicas, bioquímicas e biológicas do solo e também podem afetar a arquitetura das raízes das plantas, facilitando a absorção eficiente de nutrientes (BATTACHARYYA et al., 2015).

1.2.6. Nitrogênio, Fósforo e Potássio

Água, luz e nutrientes são fatores essenciais para a produtividade vegetal e a fertilidade, assim como para a cultura da soja (LOPES; GUILHERME, 2007).

O Nitrogênio (N) é um dos macronutrientes, o qual opera de forma positiva na produção de biomassa. A alteração na produção da biomassa pode ocorrer devido a vários fatores, como por exemplo, a síntese de uma maior quantidade de açúcares, aminoácidos e ácidos nucleicos nas plantas (CARDOSO et al., 2018; RATKE et al., 2020). O N é o nutriente requerido em maior quantidade pelas plantas, considerado elemento essencial. Na cultura da soja, a demanda em N é estimada em cerca de 80 kg de N para cada 1.000 kg de grãos produzidos (ALVES; AGUILA, 2020). Sua ausência acarreta anormalidades severas no desenvolvimento e reprodução vegetativa e pode impedir que a planta complete seu ciclo de vida normalmente (TAIZ et al., 2017).

O Fósforo (P) é um elemento de suma importância para o metabolismo das plantas. Atua no desenvolvimento radicular, crescimento e maturidade, decorrente de sua participação nas membranas celulares, nos ácidos nucleicos e como constituinte de compostos armazenadores de energia (CILIPRANDI, 2019). Tal energia é utilizada na germinação, fotossíntese, absorção de nutrientes e síntese de vários compostos

orgânicos (WHITE; VENEKLAAS, 2012). A restrição desse macronutriente no início do ciclo vegetativo pode resultar em limitações em seu desenvolvimento.

O Potássio (K) é o segundo nutriente mais absorvido e exportado pela cultura da soja. Em média, exporta-se cerca de 18,5 kg de K por tonelada de grãos produzidos (PETTER et al., 2012). Este elemento é primordial em quase todos os processos necessários à vida de uma planta, constitui-se de uma alta mobilidade e em qualquer nível de concentração, ou seja, tanto nas células, no tecido vegetal, como no xilema e floema (MALAVOLTA, 1980; ZAMBIAZZI et al., 2017). A deficiência de K, além de prejudicar várias enzimas e facilitar o processo de penetração de fungos patogênicos, provoca também a diminuição da taxa fotossintética (ZAMBIAZZI et al., 2017).

A utilização de água reorganizada pode diminuir o volume de água de irrigação sem afetar negativamente seu rendimento, a fotossíntese e a absorção de nutrientes. Além disso, essa técnica pode contribuir com aumentos significativos nas concentrações de alguns macro e micronutrientes das plantas irrigadas com AR, quando comparado à plantas irrigadas com ANR (ZLOTOPOLSKI, 2017).

1.3. METODOLOGIA

1.3.1. Caracterização do experimento e delineamento experimental

O experimento foi conduzido na Universidade Estadual do Norte do Paraná – UENP, *Campus* Luiz Meneghel, na cidade de Bandeirantes – PR, no Laboratório de Solos (Lab MicroS).

O ensaio foi realizado em recipientes transparentes com capacidade de 750 mL, contendo oito tratamentos e seis repetições em cada (Tabela 1), totalizando quarenta e oito plantas em solução líquida. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado.

Tabela 1. Descrição dos tratamentos para avaliar a eficiência da água reorganizada na nutrição da planta soja (*Glycine max*), na presença de extrato de algas e suspensão de solo.

Tratamento	Água	Extrato Algas	Suspensão Solo
1	ANR		
2	AR		
3	ANR	Extrato de Algas	
4	AR	Extrato de Algas	
5	ANR		Suspensão Solo
6	AR		Suspensão Solo
7	ANR	Extrato de Algas	Suspensão Solo
8	AR	Extrato de Algas	Suspensão Solo

Dados: AR: Água Reorganizada; ANR: Água Não Reorganizada.

1.3.2. Teste de germinação

O teste de germinação (TG) foi realizado em areia de acordo com Brasil (2009). Utilizou-se quatro repetições de 50 sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) da cultivar M6410IPRO. Duas bandejas de polietileno foram regadas com água reorganizada do Sistema Plocher e as outras duas bandejas foram regadas com água da torneira.

A germinação nos primeiros cinco dias, após a semeadura, foi avaliada de acordo com a irrigação por água reorganizada (AR) e água não reorganizada (ANR), levando em conta a porcentagem de germinação (PG) (BRASIL, 2009), para ambos os tratamentos. A germinação das sementes foi considerada quando as folhas cotiledôneas apareceram, realizando a contagem do número de plântulas em relação ao número de sementes.

Cada recipiente de 750 mL recebeu o total de 500 mL de solução/suspensão líquida conforme tratamento acima citado (Tabela 1). As plântulas que apresentaram melhor vigor e com cotilédones parecidos foram transferidas da areia durante o seu estágio de desenvolvimento vegetativo, para os recipientes com soluções/suspensões líquidas, nos seus respectivos tratamentos. As sementes regadas com AR foram transferidas para os recipientes com AR e o mesmo foi feito com as sementes regadas com ANR.

O ensaio foi mantido em ambiente controlado, dentro do laboratório de solos, sob fotoperíodo de 14 horas de luz provinda de oito lâmpadas led ultravioleta, com umidade relativa do ar de 53% e temperatura média de 25 ± 2 °C (Figura 2).

As soluções/suspensões líquidas de todos os tratamentos foram refeitas depois de 92 horas, isto porque o reorganizador *Plocher*, promete a reorganização das moléculas de água dentro deste espaço de tempo.



Figura 2. Ensaio de plântulas de soja em recipientes de suspensões/soluções líquidas, instalado em ambiente controlado. Fonte: SENE, 2020.

1.3.3. Água Reorganizada (AR)

Para a obtenção da água reorganizada, utilizou-se o reorganizador *Plocher Agro-Kat*[®] (Figura 3). Segundo a empresa *Integral Plocher Technology*, o equipamento usa um processo físico de informações, que é usado para a ativação catalítica direcionada de processos biológicos (PLOCHER, 2019). O equipamento funciona sem eletricidade e tem a capacidade de reorganizar até 2500 litros de água por hora.



Figura 3. Reorganizador *Plocher Agro-Kat*, utilizado para reorganizar as moléculas de água. Fonte: SENE, 2020.

1.3.4. Análise físico-químico da água

Em recipientes de 500 mL, foi coletada uma amostra da água comum de torneira e outra usando o reorganizador acoplado na mesma torneira, sendo ambas enviadas para análise no Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) do município de Bandeirantes – PR. Foram analisadas os seguintes parâmetros: Cloro, pH, alcalinidade, turbidez, cor, matéria orgânica, oxigênio dissolvido, dureza e flúor.

1.3.5. Solução Nutritiva

Todos os tratamentos receberam 5 mL de solução nutritiva completa nas suspensões e soluções líquidas, com o auxílio de uma micropipeta. As soluções nutritivas foram preparadas conforme recomendação de Hoagland e Arnon (1950).

1.3.6. Suspensão de Solo

Para o preparo da suspensão de solo (SS), foi utilizado o LATOSSOLO Vermelho eutroférico, que apresentou as seguintes características químicas: pH – 6,5; Ca^{2+} – 8,7; Mg^{2+} – 2,9; K^+ – 0,14; Al^{3+} – 0,00 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; P – 58,8 mg dm^{-3} e M.O. – 26,9 g/kg.

O solo foi coletado na camada de 0-20 cm em uma área de preservação permanente na Universidade Estadual do Norte do Paraná – UENP, *Campus* Luiz Meneghel (50°29'44,09'' – 50°09'42,56'' W e 23°17'5,10'' – 23°00'58,40'' S).

A relação de solo e água, foi feito na proporção de 1:10. As suspensões foram agitadas e depois do substrato já estar decantado, o conteúdo foi filtrado em papel filtro (Figura 4) e, adicionado aos recipientes dos tratamentos 5, 6, 7 e 8 (Tabela 1).



Figura 4. Preparo da suspensão de solo. Fonte: SENE, 2020.

1.3.7. Extrato de alga

Foi diluído 500 μL do extrato de alga da espécie *Ascophillum nodosum* (L.) Le Jolis para 1 L de água, tanto reorganizada como água comum, seguindo os tratamentos 3, 4, 7 e 8 (Tabela 1).

1.3.8. Análise de parâmetros agronômicos

Aos 31 dias de desenvolvimento, as plantas foram submetidas à avaliação dos parâmetros de altura da parte aérea (cm), comprimento de raiz (cm), massa fresca (g) e massa seca (g) da planta como um todo (EMBRAPA, 2009).

A altura da parte aérea foi obtida com auxílio de uma fita métrica, sendo medidas do colo até o ápice da haste maior. O mesmo procedimento foi aplicado para a raiz, medindo-se do colo da planta até a coifa.

A massa fresca das plantas, foi determinada com pesagem em balança semianalítica e, logo após foram submetidas à secagem à temperatura de 60 °C em estufa de circulação de ar forçado até massa constante, para posterior pesagem e determinação de massa seca.

1.3.8. Determinação de NPK

Foram avaliados os conteúdos de Nitrogênio, Potássio e Fósforo do tecido vegetal. Diante o processo, as plantas foram moídas em almofariz até a obtenção de um pó fino.

O conteúdo de nitrogênio foi determinado pelo método Kjeldahl de acordo com Embrapa (2009). Para determinação do teor de fósforo utilizou-se a técnica de espectrofotometria com azul-de-molibdênio e para potássio, a técnica de fotometria de chama (EMBRAPA, 2009).

1.3.9. Análise Estatística

Os resultados foram submetidos a Análise de Variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade, com auxílio do Software SISVAR (FERREIRA, 2019).

1.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

1.4.1. Análise físico-química da água não reorganizada e água reorganizada

Nas análises físico-químicas da ANR e AR não foram observados diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 2), pois os resultados obtidos, mesmo que variados, estão dentro dos parâmetros conhecidos, determinados pela resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2009), Resolução CNNPA n° 12 (ANVISA, 1978) e FUNASA (2013).

Tabela 2. Qualidade dos parâmetros físico-químicos da água não reorganizada (ANR) e da água reorganizada (AR) utilizadas.

Parâmetros	Unidade	Resultados Analíticos	
		ANR	AR
pH		8,81	8,30
Alcalinidade	mg L ⁻¹ CaCO ₃	56,00	70,72
Condutividade Elétrica	mS cm ⁻¹	0,15	0,15
Dureza	mg L ⁻¹ CaCO ₃	50,00	58,00

Dados: Método de referência: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (SMEWW, 1998).

O pH da água apresentou uma variação mínima entre os mesmos, porém ambos estão dentro da faixa ideal para o desenvolvimento das plantas. Outros estudos

obtiveram a mesma resposta ao analisar água comum e água reorganizada, onde não apresentaram diferenças discrepantes no fator pH (MAHESHWARI; GREWAL, 2009; GENEROSO, 2016; FIGUEIREDO et al., 2019; SANTOS et al., 2020).

A alcalinidade expressa na AR e na ANR, variou significativamente, ambas dentro do princípio citado pela Resolução CNNPA n° 12 (ANVISA, 1978), onde as águas devem atender até 120 mg/L em termos de CaCO_3 .

Já a condutividade elétrica obtida na análise, foi de 0,15 mS cm^{-1} tanto para ANR, quanto para a AR, resultados estes que corroboram com pesquisas realizadas no cultivo de alface, melissa, ervilhas e aipo, onde também não se adquiriu diferença significativa na condutividade elétrica entre as variáveis comparadas (MENDONÇA et al., 2008; MAHESHWARI; GREWAL, 2009; SANTOS et al., 2020).

A ANR e a AR (Tabela 2) apresentaram ausência de dureza, significando que não houve maior acúmulo de minerais (FLORES, 2019).

Há controversa sobre os parâmetros químicos da água reorganizada. Alleman (1985), Gruber e Carda (1981), concordam que não houve mudanças significativas nas propriedades químicas da AR em suas pesquisas. Fatores como pH, alcalinidade, condutividade elétrica e dureza foram alguns dos parâmetros igualados e/ou parecidos na AR e na ANR.

1.4.2. Taxa germinativa

As sementes irrigadas com AR obtiveram 78% de germinação no quinto dia após a semeadura, enquanto as sementes irrigadas com ANR atingiram 63%. Estudos com diferentes culturas, como rúcula, alface, sorgo, aipo, ervilha, algodão, tomate e milho, comprovaram que a taxa germinativa utilizando água reorganizada é maior, quando comparada com a taxa germinativa utilizando água convencional para a irrigação das sementes (MAHESHWARI; GREWAL, 2009; PUTTI et al., 2013; KRAWIEC et al., 2013; AGUILERA; MARTÍN; 2016; ABENDIPOUR; ROHANI, 2017; FLORES, 2019; ISMAIL et al., 2020; MGHAIUINI et al., 2020; ZHANG, et al., 2021).

Os mecanismos que melhoram a germinação de sementes irrigadas com AR ainda são pouco conhecidos, mas acredita-se que a reorganização das moléculas de água influencia os processos fisiológicos vitais das sementes (ABOBATTA, 2019; HOZAYN et al., 2019). De acordo com Hozayn et al. (2019), a reorganização das

moléculas de água pode atuar no transporte de íons e elétrons, produzindo um efeito significativo na taxa germinativa.

A reorganização das moléculas de água acelera o metabolismo das sementes, incrementando o processo germinativo, além de causar um aumento na permeabilidade das membranas celulares da semente e inibir o crescimento de microrganismos que tendem a ser prejudiciais para processos germinativos e para o crescimento de plantas (MATWIJCZUK et al., 2012; ABOBATTA, 2019).

1.4.3. Análise dos parâmetros agronômicos

O desenvolvimento da planta soja em cultivo em AR (controle) foi significativamente maior no comprimento da raiz (32,0) e na massa fresca da planta (2,16) em comparação ao tratamento controle em ANR.

Para os tratamentos com adição de extrato de algas, suspensão de solo e adição de ambos não foi observado diferença entre ANR e AR, com exceção do comprimento de raiz que no tratamento com apenas suspensão de solo foi maior em AR e relação a ANR (Tabela 3).

Tabela 3. Atributos agronômicos da planta de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) cultivada em água não reorganizada e água reorganizada, com adição de extrato de alga e suspensão de solo.

TRAT.	Altura (cm)		Raiz (cm)		Massa fresca (g)		Massa seca (g)	
	ANR	AR	ANR	AR	ANR	AR	ANR	AR
Controle	45,5 Ba	55,8 Ba	26,3 Ab	32,0 ABa	0,87 Cb	2,16 Ba	0,26 Ba	0,40 Ba
EA	40,5 Ba	38,0 Ba	25,0 Aa	23,3 Ca	1,39 Ca	1,83 Ba	0,30 Ba	0,37 Ba
SS	110,0 Aa	99,8 Aa	26,8 Ab	34,0 Aa	8,02 Aa	6,43 Ab	1,27 Aa	1,19 Aa
EA + SS	108,8 Aa	100,0 Aa	30,0 Aa	26,5 BCa	6,73 Ba	6,42 Aa	1,12 Aa	1,08 Aa
C.V.	13,92		12,92		13,10		17,63	

Dados: Água não Reorganizada (ANR); Água Reorganizada (AR); Extrato de Alga (EA); Suspensão de Solo (SS). Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e letra minúscula na linha no atributo, não diferem entre si a 5% pelo Teste de Tukey.

Outros estudos também não obtiveram diferenças significativas na altura, comprimento de raízes, peso fresco e seco de plantas irrigadas com água reorganizada (SUHEBJAMEI et al., 2007; KRAWIEC et al., 2013; SARRAF et al., 2020).

A influência dos tratamentos dentro de cada variável (AR e ANR) apresentou respostas diferentes nas plantas. Os resultados indicam que o tratamento que recebeu suspensão de solo (SS) independentemente da adição de extrato de algas foi o que

mais diferiu estatisticamente dos demais, favorecendo o desenvolvimento das plantas.

Esse comportamento diferencial pode ser atribuído ao próprio efeito da suspensão de solo nas variáveis estudadas, refletindo diretamente nos atributos altura e a massa seca que foram significativamente maiores que os demais.

É importante observar que o tratamento que recebeu apenas o extrato de algas, tanto na variável ANR, como na AR, não proporcionou melhora no desenvolvimento das plantas, o que nos leva a considerar maior influência da suspensão do solo como indicador do desenvolvimento da soja (Tabela 3).

Contudo pesquisas realizadas com extrato de algas marinhas comercial, embasam-se de resultados benéficos, como melhoria nos processos fisiológicos da planta, absorção de nutrientes e fotossíntese. Diferentes culturas, quando expostas à EA, apresentaram incremento positivo significativo com relação à altura de planta, comprimento de raiz e conseqüentemente aumento de massa fresca e seca (NORAN et al., 1995; OLIVEIRA et al., 1991; SILVA et al., 2016; NEUMANN et al., 2017), diferente dos resultados obtidos neste trabalho (Tabela 3). No entanto, devemos ressaltar que a aplicação do extrato de algas é preconizada principalmente na aplicação foliar, e no presente estudo foi diluído em solução e absorção pela raiz. Tal fato pode ter influenciado nos resultados obtidos.

Por outro lado, em comum acordo com os resultados aqui alcançados, diferentes estudos mostraram que não houve acréscimo significativo nos parâmetros de altura, massa fresca e massa seca das plantas, quando submetidas a tratamentos com aplicação de extrato de algas (LIMBERGER; GHELLER, 2013; BETTINI, 2015; TÍMBOLA et al., 2020). Vários trabalhos mostram que o uso deste biofertilizante pode beneficiar ou prejudicar o desenvolvimento de plantas e a absorção de nutrientes por elas. Fatores como o solo, cultivares, clima e o produto utilizado também podem ter influenciado o resultado desses trabalhos, carecendo mais estudos sobre extratos de algas, a fim de obter mais informações sobre sua ação no desenvolvimento das plantas (CAMPOS et al., 2008; TÍMBOLA et al., 2020).

É sabido que o desenvolvimento da parte aérea da planta depende de um abundante sistema radicular, capaz de explorar as partículas do solo e absorver água e nutrientes. No entanto, é importante que haja disponibilidade e absorção desses nutrientes em volumes ideais, através do solo ou por meio de soluções (FERNANDES, 2006).

O incremento no desenvolvimento da planta obtido com a presença de suspensão de solo, pode ter ocorrido como consequência da atividade microbiana que atua na decomposição da matéria orgânica com liberação de compostos orgânicos de baixa, como de alta massa molecular, exercendo atuação sobre a disponibilidade de nutrientes no solo (PAVINATO; ROSOLEN, 2008). Tal atuação está relacionada com a adsorção de íons, que auxiliam a ação de grupos funcionais de microrganismos do solo, tornando os nutrientes mais livres em solução (FERNANDES, 2006). É necessário considerar a decomposição do material orgânico, como sendo uma importante fonte de nutrientes no solo, uma vez que sua decomposição resulta em mineralização dos nutrientes dos tecidos das plantas no solo (PAVINATO; ROSOLEN, 2008).

1.4.4. Análise de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K)

O conteúdo extraído de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) da matéria seca das plantas avaliadas, foram significativamente maiores em tratamentos com cultivo em suspensão de solo na presença e ausência de extrato de algas. Entre as variáveis ANR e AR, os conteúdos extraídos não foram significativos (Tabela 4).

Tabela 4. Conteúdo de Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K) extraídos pela planta de soja cultivada em água normal e reorganizada, com adição de extrato de alga e suspensão de solo.

TRAT.	N (%)		P (mg kg ⁻¹)		K (g kg ⁻¹)	
	ANR	AR	ANR	AR	ANR	AR
Controle	5,5 Ba	8,6 Ba	3,9 Ba	6,2 Ba	0,02 Ba	0,05 Ba
EA	4,9 Bb	19,7 Aa	7,6 Ba	10,2 ABa	0,05 Ba	0,09 Ba
SS	36,1 Aa	23,7 Ab	31,9 Aa	14,5 Ab	0,23 Aa	0,22 Aa
EA + SS	39,7 Aa	18,5 Ab	23,9 Aa	18,0 Aa	0,26 Aa	0,24 Aa
C.V.	16,88		24,19		20,09	

Dados: Água Não Reorganizada (ANR); Água Reorganizada (AR); Extrato de Alga (EA); Suspensão de Solo (SS). Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e letra minúscula na linha no atributo, não diferem entre si a 5% pelo Teste de Tukey.

Considerando as variáveis (ANR e AR) e tratamentos, que não demonstraram diferença estatística significativa no conteúdo extraído, pode estar associado ao menor desenvolvimento da planta com relação à altura e ao comprimento da raiz observado na Tabela 3, comportamento este que justifica o baixo desempenho das plantas do

tratamento controle (C) e tratamento extrato de algas (EA), em altura, comprimento da raiz, massa fresca e seca, pois, baixa disponibilidade e/ou ausência de nitrogênio afeta negativamente o crescimento de plantas (ALMEIDA et al., 2011). Na carência deste nutriente, o principal processo bioquímico prejudicado é a síntese proteica, afetando justamente os parâmetros agrônômicos das plantas (MENDES, 2007), reduzindo a quantidade de folíolos que conseqüentemente fornecem menos interceptação de luz e uma menor taxa fotossintética (SAINJU et al., 2003).

Desta mesma forma, para fósforo (P) e potássio (K), os tratamentos que apresentaram resultados inferiores nos conteúdos extraídos (Tabela 4), refletem na Tabela 3, sendo que baixos teores de P e K afetam o crescimento. Uma vez que o fósforo está ligado diretamente à estrutura da planta, no mecanismo de transferência e armazenamento de energia, afeta nos processos metabólicos, como síntese de proteínas e ácidos nucleicos (DE ALMEIDA et al., 2011; CECÍLIO FILHO et al., 2020). Já o K, participa e regula processos essenciais como a fotossíntese, abertura e fechamento de estômatos e absorção de água, ou seja, quando escasso, prejudicam o desenvolvimento das plantas (ANDREOTTI et al., 2001; CECÍLIO FILHO et al., 2020).

O K não faz parte de nenhuma estrutura e/ou moléculas orgânicas na planta, como o N e P. A quantidade de K^+ na solução necessária para o crescimento das plantas depende da espécie e do seu estágio de desenvolvimento (FERNANDES, 2006).

O conteúdo extraído de ambos os elementos proporcionaram redução significativa no desenvolvimento das plantas, pois cada nutriente tem papel específico no metabolismo. Desequilíbrio nas proporções pode provocar limitações ao desenvolvimento das plantas, ou seja, quando os nutrientes limitam o crescimento vegetal, em particular o N e P, as raízes tendem a se tornar fontes de dreno de carboidratos, causando maior limitação no crescimento da parte aérea (FERNANDES, 2006).

Tratamentos com suspensão de solo (SS) e extrato de algas mais suspensão de solo (EA+SS) apresentaram, estatisticamente, maiores conteúdos extraídos para os elementos analisados em ANR e AR. Comportamento que condiz com o melhor desenvolvimento das plantas (Tabela 3).

Como discutido anteriormente o conteúdo extraído de N, P e K na adequada proporção entre eles no solo são fatores importantes nos processos de crescimento e desenvolvimento das plantas (MOREIRA, 2002). No solo, a principal fonte de N é a

matéria orgânica, por isto, sua dinâmica está intimamente associada com a dinâmica da matéria orgânica (CERETTA, 2000).

Os microrganismos além de desempenharem funções primordiais no aumento da disponibilidade de P do solo, para as plantas, podem facilitar a absorção e acessibilidade a este, por meio de vários mecanismos, que afetam a estrutura, a química, a bioquímica e a fisiologia do sistema radicular das plantas (MOREIRA, 2002; FERNANDES, 2006).

A decomposição do material orgânico, também deve ser considerado importante fonte de nutriente no solo, pois sua decomposição resulta em mineralização dos nutrientes e nos tecidos das plantas. Através destes, confirma-se o melhor desenvolvimento das plantas, naqueles tratamentos que receberam suspensão de solo na solução líquida.

1.5. CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, pode se concluir que a água reorganizada aumentou a germinação das sementes e também o crescimento de plantas, porém, a reorganização das moléculas de água não favoreceu no quesito nutricional das plantas.

Os tratamentos com suspensão de solo promoveram maior desenvolvimento das plantas e embora a água reorganizada seja uma técnica que apresente alguns resultados benéficos, mais pesquisas são necessárias para compreender esse mecanismo.

1.6. REFERÊNCIAS

ABOBATTA, W. F. Overview of role of magnetizing treated water in agricultural sector development. **Adv. Agric. Technol. Plant Sci**, v. 2, n. 1, 2019. p. 180023.

AGHAMIR, F.; BAHRAMI, H. A.; MALAKOUTI, M. J.; ESHGHI, S. Magnetized water effects on seed germination and seedling growth of corn (*Zea mays*) under saline conditions. **American Journal of Life Science Researches**, v. 3, n. 2, 2015. 12 p.

AGUILERA, J. G.; MARTÍN, R. Água tratada magneticamente estimula a germinação e desenvolvimento de mudas de *Solanum lycopersicum* L. **Revista Brasileira Agropecuária Sustentável**, v. 6, n. 1, 2016. 07 p.

- ALADJADJIYAN, A. Study of the influence of magnetic field on some biological characteristics of *Zea mays*. **Journal of Central European Agriculture**, v. 3, n. 2, p. 90-94, 2002.
- ALADJADJIYAN, A.; YLIEVA, T. Influence of stationary magnetic field on the early stages of the development of tobacco seeds (*Nicotiana tabacum* L.). **Journal Central European Agriculture**, v. 4, n. 2, p. 133-136, 2003.
- ALMEIDA, T. B.; MELLO, P. R.; CORREIA, M. A. R.; PUGA, A. P.; BARBOSA, J. C. Avaliação nutricional da alface cultivada em solução nutritivas suprimidas de macronutrientes. **Biotemas**, v. 24, n. 2, p. 27-32, 2011.
- ALLEMAN, J. E. A performance evaluation for magnetic water treatment. In **Fourth Domestic Water Quality Symposium**, ASAE and Water Quality Association, v. 16, p. 203-235, 1985.
- ALVES, A. C. O.; AGUILA, L. S. H. D. A importância da fixação biológica para a cultura da soja. **Embrapa Clima Temperado (ALICE)**, Pelotas, UFPel, v. 19, n. 6, 2020. 4 p.
- AMER, M. M.; EL SANAT, A. G.; RASHED, S. H. Effects of magnetized low quality irrigation water on some soil properties and soybean yield (*Glycine Max* L.) under salt affected soils conditions. **J. Soil Sci. and Agric. Eng., Mansoura Univ**, v. 5, n. 10, p. 1378-1383, 2014.
- ANDREOTTI, M.; RODRIGUES, J. D.; CRUSCIOL, C. A. C.; SOUZA, E. C. A.; BULL, L. T. Crescimento do milho em função da saturação por bases e da adubação potássica. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 1, p. 145-150, 2001.
- ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução – CNNPA n° 12**, de 1978.
- BABALOO, F.; MAJD, A.; ARBABIAN, S.; SHARIFNIA, F.; GHANATI, F. The Effect of Magnetized Water on Some Characteristics of Growth and Chemical Constituent in Rice (*Oryza sativa* L.) Var Hashemi. **EurAsian Journal of BioSciences**, v. 12, n. 1, p. 130-133, 2018.
- BATTACHARYYA, D.; BABGOHARI, M. Z.; RATHOR, P.; PRITHIVIRAJ, B. Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. **Scientia Horticulturae**, v. 196, n. 23, p. 39-48, 2015.
- BELTRÃO, J.; TRINDADE, D.; CORREIA, P.J. Lettuce yield response to salinity of sprinkle irrigation water. **Acta Horticulturae**, v. 449, n. 2, p. 623-627, 1997.
- BETTINI, M. O. **Aplicação de extratos de algas marinhas em cafeeiro sob deficiência hídrica e estresse salino**. Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, SP, 2015. 194 p.

BOSO, A. C. M. R.; BROETTO, F. **Utilização de água magnetizada na irrigação.** In: BROETTO, F.; MINHONI, R. T. A.; OLIVEIRA, D. P. F. Seminários em Irrigação e Drenagem. FEPAF, Botucatu, p. 67-71, 2018.

BRASIL. MMA. CONAMA. **Resolução 357.** Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, p. 23, 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes.** Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 2009. 365 p.

CAMPOS, M. F.; ONO, C. O.; BOARO, C. S. F.; RODRIGUES, J. D. Análise de crescimento em plantas de soja tratadas com substâncias reguladoras. **Revista Biotemas**, v. 21, n. 3, p. 53-63, 2008.

CARDOSO, N.; FONSECA, A.; FUJIYAMA, B.; RAMOS, J.; JÚNIOR, M. S. Efeito de doses de nitrogênio na nodulação e biomassa de plantas de soja. **Enciclopédia Biosfera**, v. 15, n. 27, p. 1-9, 2018.

CARRIJO, O. A.; DE SOUZA, R. B.; MAROUELLI, W. A.; DE ANDRADE, R. J. Fertirrigação de hortaliças. **Embrapa Hortaliças – Circular Técnica (INFOTECA-E)**, v. 32, p. 1-13, 2005.

CECATO, A.; MOREIRA, G. C. Aplicação de extrato de algas em alface. **Cultivando o Saber**, v. 6, n. 2, p. 89-96, 2013.

CERETTA, C. A. Dinâmica do nitrogênio em sistemas de produção na região Sul do Brasil. **Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste**, v. 26, n. 7, 2000. 163 p.

CECÍLIO FILHO, A. B.; RODRIGUES, M. A.; DA SILVA, M. L. P.; CORTEZ, J. W. M. Sintomas de deficiência de macronutrientes em alface. **Científica**, v. 48, n. 3, p. 271-290, 2020.

CILIPRANDI, A. P. **Adubação fosfatada na qualidade de sementes e no desempenho agrônomo da soja.** Dissertação (mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, PR, 2019. 61 p.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acomp. safra brasileira de grãos - Safra 2020/21**, v. 8, n. 1. p. 1-77, 2021.

COSTA, P. C.; IDONE, E. B.; SESSO, T. M.; CAÑIZARES, K. A. L.; GOTO, R. Condutividade elétrica da solução nutritiva e produção de alface hidroponia. **Scientia Agrícola**, v. 58, n. 3, p. 595-597, 2001.

COSTA, W. **Contribuição ao estudo do condicionamento magnético da água para fins industriais.** Dissertação (mestrado) – Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, SP, 2006. 92 p.

DEMEO, J. **Manual del Acumulador de Orgón: La Energía Vital de Wilhelm Reich, Descubrimientos y Herramientas de Curación para el Siglo XXI con**

Planos para su Construcción. Natural Energy Works, Ashland, Oregon, USA, 2010. p. 255.

EL SAYED, H.; EL-SAYED, A. Impact of magnetic water irrigation for improve the growth, chemical composition and yield production of broad bean (*Vicia faba* L.) plant. **Nature and Science**, v. 4, n. 4, p. 107-110, 2015.

ELIAS, J. A. **Verificação da ocorrência de mudanças físico-químicas e moleculares da água quando submetida a campo magnético: uma análise da relevância estatística.** Dissertação (mestrado) – Faculdade Gama, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2015. 95 p.

EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes.** Ed. Fábio Cesar da Silva. Brasília, DF, Embrapa Informação Tecnológica, v. 3, n. 1, ed. 2, 2009. 627 p.

FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. Ecofisiologia da soja. **Embrapa Soja-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2007.

FERNANDES, A. S. **Nutrição mineral de plantas.** Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, n. 4, v. 8, p. 432, 2006.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista brasileira de biometria**, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.

FIGUEIREDO, R. O.; DA SILVA, P. V. I.; SOSSMEIER, K. D.; DOS SANTOS, A. C. P. Análise da resistência de argamassas fabricadas com água submetida a campos magnéticos de diferentes magnitudes. **Revista Brasileira de Iniciação Científica**, v. 6, n. 4, p. 4-17, 2019.

FLORES, L. A. E. **Efeitos da água corrigida por magnetismo e infravermelho longo na germinação e relações hídricas.** Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, 2019. 57 p.

FUNASA (Fundação Nacional de Saúde). **Manual Prático de Análise de Água.** Funasa, Brasília, DF, ed. 4, 2013. 150 p.

GENEROSO, T. N. **Efeito da magnetização nas características da água e nos parâmetros de transporte de fósforo no solo.** Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2016. 57 p.

GRUBER, C. E.; CARDA, D. D. **Measurable parameters in water conditioning equipment as determined in laboratory simulations at Rapid City, South Dakota.** Final report issued to the Water Quality Association. South Dakota School of Mines and Technology, v. 3, n. 1, 1981. 21 p.

HERNÁNDEZ-HERRERA, R. M.; SANTACRUZ-RUVALCABA, F.; BRICEÑO-DOMÍNGUEZ, D. R.; DI FILIPPO-HERRERA, D. A.; HERNÁNDEZ-CARMONA, G. Seaweed as potential plant growth stimulants for agriculture in Mexico. **Hidrobiológica**, v. 28, n. 1, p. 129-140, 2018.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. L. The water culture methods for growing plants without soil. Berkeley: **University of California**, 1950. 32 p.

HOZAYN, M.; ABDEL-MONEM, A. A.; QADOS, A. M. S. A. Irrigation with magnetized water: a novel tool for improving crop production in Egypt. **World Environmental and Water Resources Congress 2011: Bearing Knowledge for Sustainability**, 2011.

HOZAYN, M.; AHMED, A. A.; EL-SAADY, A. A.; ABD-ELMONEM, A. A. Enhancement in germination, seedling attributes and yields of alfalfa (*Medicago sativa*, L.) under salinity stress using static magnetic field treatments. **Eurasian Journal of Biosciences**, v. 13, n. 1, p. 369-378, 2019.

ISMAIL, W. H.; MUTWALI, E. M.; SALIH, E. A.; ELMOULA, E. T. Effect of Magnetized Water on Seed Germination, Growth and yield of Rocket Plant (*Eruca sativa* Mill). **SSRG International Journal of Agriculture & Environmental Science (SSRG-IJAES)**, v. 7, n. 2, p. 1-5, 2020.

KHOSHRAVESH, M., MOSTAFAZADEH-FARD, B., MOUSAVI, S. F., KIANI, A. R. Effects of magnetized water on the distribution pattern of soil water with respect to time in trickle irrigation. **Soil Use and Management**, v. 27, n. 4, p. 515-522, 2011.

KRAWIEC, M.; KORNARZYNSKI, K.; PALONKA, S.; KAPLAN, M.; BARYLA, P.; KICZOROWSKI, P. Does the magnetic field improve the quality of radish seeds? **Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus**, v. 12, n. 6, p. 93–102, 2013.

LIMBERGER, P. A.; GHELLER, J. A. Efeito da aplicação foliar de extrato de algas, aminoácidos e nutrientes via foliar na produtividade e qualidade de alface crespa. **Revista Cultivando o Saber**, v. 6, n. 2, p. 14-21, 2013.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. Fertilidade do solo e produtividade agrícola. **Fertilidade do solo**, cap. 1, p. 2-64, 2007.

MAHESHWARI, B. L.; GREWAL, H. S. Magnetic treatment of irrigation water: Its effects on vegetable crop yield and water productivity. **Agricultural Water Management**, v. 96, n. 8, p. 1229-1236, 2009.

MARQUES, L. F.; SOUTO, J. S.; CAVALCANTE, L. F.; MESQUITA, E. F.; NASCIMENTO, J. A. M. Composição mineral e redistribuição de nutrientes em plantas de gravioleira. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v. 23, n. 1, p. 1-5, 2018.

MARTINS, M. S.; MARQUES, T. A.; SANTOS, D. C.; SANTOS, R. C.; PRADELA, V. A. Estudo de como a água magnetizada pode auxiliar na produção de muda de alface. **Bioenergia em Revista: Diálogos**, ano 8, n. 2, v. 7, p. 31-37, 2018.

MATWIJCZUK, A.; KORNARZYNSKI, K.; PIETRUSZEWSKI, S. Effect of magnetic field on seed germination and seedling growth of sunflower. **International Agrophysics**, v. 26, n. 3, p. 1-8, 2012.

MELO, M. T.; DE QUEIROZ, T. M.; VINAGA, L.; SANTOS, F. J.R. Qualidade da água para a irrigação, a sustentabilidade de uma bacia hidrográfica-riacho queima pé, Tangará da Serra/MT. **Caminhos de Geografia**, v. 21, n. 76, 2020. 27 p.

MELO, R. F.; BIANCHINI, P.; OLIVEIRA, A. R.; SILVA, P. D. S.; SILVA, A. DA PURIFICAÇÃO, I. A. Efeito da irrigação suplementar com águas cinzas nas características químicas de solos em quintais produtivos no município de Triunfo, PE. **Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. Cadernos de Agroecologia, v. 15, n. 2, p. 1-5, 2020.

MENDES, A. M. S. Introdução a fertilidade do solo. In **Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: Curso de manejo e conservação do solo e da água, Embrapa Semi-Árido; Embrapa Solos-UEP Recife, 2007.

MENDONÇA, R. M.; GARCIA, C. C.; AGUIAR, J. A. Uso de água imantada no cultivo de alface em sistema hidropônico NFT. **Revista FAZU**, v. 2, n. 5, p. 30-33, 2008.

MGHAIUINI, R. *et al.* Influence of the Electromagnetic Device Aqua 4D on Water Quality and Germination of Lettuce (*Lactuca sativa* L.). **International Journal of Current Engineering and Technology**, v. 10, n. 1, p. 19-24, 2020.

MOREIRA, F. M. S. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Editora UFLA, 2002. 626 p.

NEUMANN, É. R.; RESENDE, J. T. V.; CAMARGO, L. K.; CHAGAS, R. R.; LIMA FILHO, R. Produção de mudas de batata doce em ambiente protegido com aplicação de extrato de *Ascophyllum nodosum*. **Horticultura Brasileira**, v. 35, n. 4, p. 490-498, 2017.

NORRIE, J. Advances in the use of *ascophyllum nodosum* seaweed extracts for crop production: linking laboratory and field research. **Scottsdale, AZ**, v. 5, n. 3, p. 1-6, 2008.

NORRIE, J.; HILTZ, D. A. Agricultural applications using *Ascophyllum* seaweed products. **Agro-food industry high-tech**, v. 2, n. 2, p. 15-18, 1999.

OLIVEIRA, A. J. de; ARAUJO J. D. de; LOURENÇO, S. **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília: EMBRAPA-SEA, 1991, 392 p.

PARRON, L. M.; MUNIZ, H. F.; PEREIRA, C. M. Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água. **Embrapa Floresta-Documentos (INFOTECA-E)**, 2011.

PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de nutrientes no solo: decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 3, p. 911-920, 2008.

PETTER, F. A.; SILVA, J. A.; PACHECO, L. P.; ALMEIDA, F. A.; ALCANTARA NETO, F.; ZUFFO, A. M.; LIMA, L. B. Desempenho agrônômico da soja a doses e épocas de aplicação de potássio no cerrado piauiense. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural And Environment of Sciences**, Manaus-AM, v. 55, n. 3, p. 190- 196, 2012.

PIETRUSZEWSKI, S. Influence of pre-sowing magnetic biostimulation on germination and yield of wheat. **International agrophysics**, v. 13, n. 6, p. 241-244, 1999.

PLOCHER. **Integral Plocher Technology**, Meersburg, Germany, 13 de maio de 2017.
Disponível em: <https://www.plocher-international.com>. Acesso em: 05 de março de 2020.

PORTO, M. E. G. **Alterações de propriedades da água por processos físicos e químicos**. Tese (doutorado) – Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2004. 194 p.

PORTO, M. E. G. **Novos conceitos sobre água e possibilidades de aplicação**. Unipinhal - Centro Universitário de Espírito Santo do Pinhal, Cultura homeopática, n. 21, p. 19-23, 2007.

PUTTI, F. F. **Produção da cultura de alface irrigada com água tratada magneticamente**. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Campus Botucatu, Botucatu, SP, 2014. 108 p.

PUTTI, F. F.; GABRIEL, F. L. R. A.; KLAR, A. E.; CREMASCO, C. P.; LUDWING, R. JUNIOR, J. F. S. Desenvolvimento inicial da alface (*Lactuca sativa* L.) irrigada com água magnetizada. **Revista Cultivando o Saber**, v. 6, n. 3, 2013. 90 p.

RATKE, R. F.; ZUFFO, A.; MARTINS, R. D S.; LUZ, R. D. S.; PEREIRA, P. Micronutrientes via foliar na cultura da soja no Cerrado Piauiense. **Embrapa Meio-Norte-Capítulo em livro científico (ALICE)**, ed. 2, 2020. 137 p.

REZENDE, M. S. **Potencial de água na folha do cafeeiro irrigado com diferentes lâminas de água com e sem eletromagnetização**. Trabalho de conclusão de curso – Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, MG, p. 10-40, 2017.

RODRIGUES, J. B.; DA SILVA, D. D. S.; FREITAS, S. J. N.; CABRAL, A. C. L. C.; PFEIFF, G. K.; SOURA, A. I. L. Qualidade da água utilizada na irrigação de produtos orgânicos: o caso de um polo agrícola em Paço Lumiar/MA. **Nature and Conservation**, v. 13, n. 1, 2020. 21 p.

SAHEBJAMEI, H.; ABDOLMALEKI, P.; GHANATI, F. Effects of magnetic field on the antioxidant enzyme activities of suspension-cultured tobacco cells. **Bioelectromagnetics**, v. 28, n. 1, p. 42–47, 2007.

SAINJU, U. M.; DRIS, R.; SINGH, B. Mineral nutrition of tomato. **Food, Agriculture & Environment**, v. 1, n. 2, p. 176-183, 2003.

SANTOS, W. D. S. **O efeito de bioativadores no desenvolvimento inicial da soja.**

Trabalho de Conclusão de curso - Centro Universitário de Anápolis –

UniEVANGÉLICA, 2018. 29 p.

SANTOS, V. M.; MELO, A. V.; CARDOSO, D. P.; GONÇALVES, A. H.;

VARANDA, M. A. F.; TAUBINGER, M. Uso de bioestimulantes no crescimento de plantas de *zea mays* L. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 12, n. 3, p. 307-318, 2013.

SANTOS, B. L.; DIOTTO, A. V.; MEDEIROS, A. P. R.; DE DEUS, F. P.; GONTIJO, M. L.; RODRIGUES, K. V. Irrigação com água tratada magneticamente na cultura de *Melissa officinalis* L. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, 2020. 14657 p.

SARRAF, M.; KATARIA, S.; TAIMOURYA, H.; SANTOS, L. O.; MENEGATTI, R. D.; JAIN, M.; IHTISHAM, M.; LIU, S. Magnetec field (MF) applications in plants: an overview. **Plants**, v. 9, n. 9, 2020. 1139 p.

SILVA, A. C.; SILVA, A. M. D.; COELHO, G.; REZENDE, F. C.; SATO, F. A. Produtividade e potencial hídrico foliar do cafeeiro Catuaí, em função da época de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 1, p. 21-25, 2008.

SILVA, C. C.; ARRAIS, Í. G.; ALMEIDA, J. P. N.; DANTAS, L. L. G. R.; DANTAS, F. S. O.; MENDONÇA, V. Extrato da alga *Ascophyllum nodosum* (L.): Le Jolis na produção de porta-enxertos de *Annona glabra* L. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 39, n. 2, p. 234-241, 2016.

SILVA, A. W.; DA SILVA, F. F. Análise química da água de entrada do sistema agroindustrial de curtume em Maringá. **Revista Monografias Ambientais**, v. 17, n. 1, p. 2-15, 2018.

SILVA, A. B.; SILVA, J. D. C.; MELO, B. F.; NASCIMENTO, R. F.; DUARTE, J. D. S.; DA SILVA, F. E. D. Diagnóstico físico-químico da água de bebedouros nas escolas públicas da cidade esperança/PB. **DESAFIOS-Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins**, v. n. 4, p. 75-90, 2019.

TAI, C. Y.; WU, CHI-KAO; CHANG, MENG-CHUN. Effects of magnetic field on the crystallization of CaCO₃ using permanent magnets. **Chemical Engineering Science**, v. 63, n. 23, p. 5606-5612, 2008.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora, 2017.

TEJO, D. P.; FERNANDES, C. H. dos S.; BURATTO, J. S. Soja: Fenologia, morfologia e fatores que interferem na produtividade. **Revista Científica Eletrônica de XIX da FAEF**, v. 35, n. 1, p. 10-45, 2019.

THALES, V. D. A.; SANTOS, A. P.; DE SOUSA, G. G.; NETO, L. G. P.; DE AZEVEDO, B. M.; AQUINO, B. F. Trocas gasosas e teores foliares de NPK em

meloeiro adubado com biofertilizantes. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 4, p. 595-601, 2013.

TÍMBOLA, F.; SIMONETTI, A. P. M. M.; WEBER, D. A.; WEBER, T. Uso de extrato de algas em aplicações foliares no trigo. **Revista Cultivando o Saber**, v. 13, n. 4, p. 117-123, 2020.

TREVISAN, L. **Desenvolvimento de um sistema de controle de pH e condutividade elétrica para fertirrigação em hidroponia**. Trabalho de conclusão de curso (graduação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de engenharia, 2020. 53 p.

WHITE, P. J.; VENEKLAAS, E. J. Nature and nurture: the importance of seed phosphorus content. **Plant and Soil**, v. 357, n. 1-2, 2012. 8 p.

ZHANG, J.; WEI, K.; WANG, Q.; SUN, Y.; MU, Y. Effects of magnetized fresh water on seed germination and seeding of cotton. **Water supply**, v. 7, n. 2, p. 1-12, 2021.

ZHOU, K. X.; LU, G. W.; ZHOU, Q. C.; SONG, J. H.; JIANG, S. T.; XIA, H. R. Monte Carlo simulation of liquid water in a magnetic field. **Journal of Applied Physics**, v. 88, n. 4, p. 1802-1805, 2000.

ZLOTOPOLSKI, V. Magnetic Treatment Reduces Water Usage in Irrigation Without Negatively Impacting Yield, Photosynthesis and Nutrient Uptake in Lettuce. **International Journal of Applied Agricultural Sciences**, v. 3, n. 5, p. 117-122, 2017.

2. CAPÍTULO II:

SENE, D. W. **Sistema Plocher e atributos microbiológicos do desenvolvimento da cultura soja**. Dissertação em Agronomia – Universidade Estadual do Norte do Paraná – Campus Luiz Meneghel.

RESUMO

O Sistema Plocher[®] é definido como um catalisador, que através de sua atividade pode modificar alguns equilíbrios físico-químicos do meio ambiente, favorecendo os atributos do solo e o desenvolvimento das plantas. Diante a busca de uma agricultura com ótimo desempenho, a avaliação de indicadores de qualidade do solo têm se tornado uma ferramenta eficaz para quantificar os impactos e permitir o uso de boas práticas de manejo, afim equilibrar os agentes de formação do solo e aqueles que provocam sua degradação. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do Sistema Plocher[®] sobre a comunidade microbiana, os atributos físicos e químicos do solo sob e desenvolvimento da planta soja. O experimento foi conduzido a campo na fazenda escola da Universidade Estadual do Norte do Paraná – UENP, *Campus Luiz Meneghel*, o delineamento experimental foi em bloco ao acaso, sendo os tratamentos compostos por dois sistemas de aplicação (solo) e (solo + tratamento de semente + foliar), e 5 doses diferentes de três produtos biológicos (0, 250, 375, 500 e 1000), totalizando 10 tratamentos com 5 repetições. Foram avaliados os atributos químicos e microbiológicos do solo nas fases de pré-plantio, fase reprodutiva e pós-colheita. A correção do solo com calcário calcítico promoveu o aumento do pH do solo ao longo das análises. A dose de Humus Soil[®] no solo, tratamento de sementes com Plants Do[®] e pulverização foliar com Combi Leaf[®] e Plants Do[®] demonstrou interação direta com o aumento da M.O. e COT na fase reprodutiva da soja e pós-colheita. Este mesmo sistema proporcionou também um aumento significativo na colonização de fungos micorrízicos arbusculares, refletindo na massa fresca e seca da raiz. As doses de 250 e 375 mL de Humus Soil[®] somente via solo aumentaram significativamente os teores de C_BMS na fase Vn – R1. Este mesmo sistema aumentou o qCO_2 e auxiliou no melhor desempenho do parâmetro altura de planta e massa fresca e seca, tanto da parte aérea quanto da raiz, refletindo no incremento da produtividade da cultura. A dose de 250 mL do Humus mostrou influência positiva na dose de 250 mL nos atributos microbiológicos do solo e na produtividade.

Palavras-chave: Pulverização foliar. Tratamento de sementes. Atributos do solo.

SENE, D. W. **Plocher System and microbiological attributes in the development of soybean culture.** Dissertation in Agronomy – Universidade Estadual do Norte do Paraná – *Campus Luiz Meneghel*.

ABSTRACT

The Plocher[®] System is defined as a catalyst, which through its activity can modify some physical-chemical balances in the environment, favoring soil attributes and plant development. In view of the search for agriculture with excellent performance, the assessment of soil quality indicators has become an effective tool to quantify the impacts and allow the use of good management practices, in order to balance the agents of soil formation and those that cause its degradation. The objective of this work was to evaluate the influence of the Plocher[®] System on the microbial community, the physical and chemical attributes of the soil under and the development of the soybean plant. The experiment was conducted in the field at the school farm of the State University of Northern Paraná - UENP, Campus Luiz Meneghel, the experimental design was in a randomized block, with the treatments being composed of two application systems (soil) and (soil + treatment of seed + foliar), and 5 different doses of three biological products (0, 250, 375, 500 and 1000), totaling 10 treatments with 5 repetitions. The chemical and microbiological attributes of the soil were evaluated in the pre-planting, reproductive and post-harvest phases. Soil correction with calcitic limestone promoted an increase in soil pH throughout the analyses. The dose of Humus Soil[®] in the soil, seed treatment with Plants Do[®] and foliar spraying with Combi Leaf[®] and Plants Do[®] demonstrated a direct interaction with the increase in O.M. and TOC in the reproductive phase of soybean and post-harvest. This same system also provided a significant increase in the colonization of arbuscular mycorrhizal fungi, reflecting in the fresh and dry mass of the root. Doses of 250 and 375 mL of Humus Soil[®] only via soil significantly increased the levels of C_BMS in the Vn – R1 phase. This same system increased the qCO_2 and helped in the better performance of the plant height and fresh and dry mass parameters, both of the aerial part and of the root, reflecting in the increase of the crop productivity. The 250 mL dose of Humus showed a positive influence on the 250 mL dose on soil microbiological attributes and productivity.

Keywords: Leaf spray. Seed treatment. Attributes of the soil.

2.1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma das mais importantes culturas na economia mundial e, no ano de 2021 o Brasil assumiu o primeiro lugar em produção, estimada em 135,4 milhões de toneladas de grãos (CONAB, 2021).

A produção de soja nas três últimas décadas teve aumento significativo em relação a outras culturas, isto se deve pelo aumento da área cultivada e principalmente, das crescentes produtividades obtidas por hectare, fatores estes provindos do avanço tecnológico (RUWER, 2020).

Assim como nas demais culturas de interesse econômico, o cultivo da soja possui exigências nutricionais específicas, que precisam ser atendidas para que haja maior produtividade de grãos (FORSAN et al., 2021).

Plantas bem desenvolvidas são o primeiro passo para o sucesso da produtividade, fato este que está relacionado com os avanços tecnológicos que vêm sendo feitos, como as melhorias do ambiente, o manejo da cultura, o melhoramento genético e a maior eficiência dos produtos utilizados nas plantas (KRZYZANOWSKI et al., 2018; RODRIGUES, 2020).

Para uma agricultura de qualidade e sustentável, o uso de agentes biológicos surge como um método dinâmico, os quais são considerados mais seletivos, possuem baixa quantidade de resíduos e alto desempenho, além de produzirem menos efeitos tóxicos ao homem e ao meio ambiente (OLIVEIRA FILHO, 2019; LES et al., 2020). Dessa forma, a biotecnologia se torna uma aliada da agricultura. Ela impulsiona o crescimento do agronegócio e exerce um papel importante para o aumento da produtividade (LOKKO et al., 2018).

A escolha de sementes de qualidade, com uma boa taxa de germinação e alto vigor é uma das etapas mais importantes da implantação de culturas e, para isso o tratamento de sementes vem sendo muito utilizado e apresentando resultados significativos (QUEIROZ; MACHADO, 2018; SILVA et al., 2018). Assim como, a aplicação foliar de nutrientes também pode ser uma ótima estratégia para aumentar o rendimento de culturas, auxiliar na qualidade do solo e até promover respostas em um curto período de tempo (ALTARUGIO et al., 2017).

Dentro deste conceito, a interação entre a reorganização de moléculas e os insumos biológicos, pode apresentar resultados positivos na agricultura, uma vez que pesquisas sobre os efeitos da reorganização da água, constitui-se de esforços para

desenvolver plantas com qualidades morfológicas, fisiológicas e de alto desempenho produtivo (SAADOON et al., 2019).

Diante à busca de uma agricultura com ótimo desempenho, a avaliação de indicadores de qualidade do solo têm se tornado uma ferramenta extremamente útil para quantificar os impactos e permitir tomadas de decisões que possam conduzir à adoção de práticas de manejo, que mantenham o equilíbrio entre os agentes de formação do solo e àqueles que provocam a sua degradação (BATISTA et al., 2013; MARTINS, 2020).

A avaliação de indicadores de um agroecossistema evita e/ou reduz a queda de produtividade e a deterioração do ambiente (SAUVADET et al., 2019). Nesse sentido, é importante utilizar bons indicadores, os quais devem ser sensíveis às modificações que ocorrem no solo e fazer parte das funções do ecossistema (AZEVEDO JUNIOR et al., 2017).

Os organismos do solo estão diretamente relacionados aos demais componentes físicos e químicos e por isso devem ser utilizados como indicadores da qualidade do solo, pois são notórios às variações do ambiente, sejam elas relacionadas ao manejo, clima, temperatura ou umidade (BALOTA et al., 2014).

Os indicadores biológicos do solo que mais se destacam para inferir sobre a sustentabilidade de um agroecossistema são aqueles relacionados a microbiota edáfica e seus processos bioquímicos (SAUVADET et al., 2019). A biomassa microbiana, respiração basal, quociente metabólico e o carbono orgânico total do solo são alguns dos atributos microbiológicos que vêm sendo avaliados para a obtenção de respostas sobre as propriedades do solo (AZEVEDO JUNIOR et al., 2017).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do Sistema Plocher[®] sobre os atributos microbiológicos do solo e o desenvolvimento da soja.

2.2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

2.2.1. *Glycine max* (L.) Merrill

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill), é originária da Ásia e foi introduzida no Brasil por meio dos Estados Unidos em 1882, porém o seu cultivo iniciou-se somente entre os anos de 1900 e 1901 impulsionada pelo mercado internacional e pela indústria de óleo (EMBRAPA, 2013; BÁEZ et al., 2020).

A soja é uma das culturas mais importantes na economia mundial (BÁEZ et al., 2020). No Brasil, a leguminosa representa o maior volume de produção de grãos, sendo um dos principais responsáveis pela contribuição e forte arrecadação do agronegócio brasileiro (CARDOSO et al., 2019; SCHMIDT et al., 2020). No ano de 2021 o país assumiu o primeiro lugar em produtividade (CONAB, 2021) e elenca-se, como a cultura de maior representatividade na produção e em área plantada no país, produzindo mais proteína por unidade de área que qualquer outra cultura (BRASIL et al., 2018; SCHMIDT et al., 2020).

Os grãos de soja são amplamente utilizados na produção de óleo vegetal, leite, bebidas, biscoitos, farinhas, complementos alimentares, sorvetes, rações para alimentação animal, de biocombustível, entre outros produtos (BRASIL et al., 2018).

Essa cultura recebe altos investimentos, por parte de agricultores e empresas, em todas as regiões produtoras do Brasil (CONAB, 2021). Tal fato é justificado por suas lavouras serem extremamente técnicas, equipadas, rigorosas quanto a adubação, uso de defensivos, aplicação de dessecantes e muitas outras exigências atribuídas ao perfil de uma commodity (BRASIL et al., 2018; CONAB, 2021).

Para o desenvolvimento da sojicultura, um bom planejamento de insumos será essencial para suprir as necessidades do solo e da planta (TEJO et al., 2019; BÁEZ et al., 2020). Buscar produtos tecnológicos, de qualidade e pensar no conceito de sustentabilidade aplicado ao sistema visa garantir o rendimento da lavoura (TEJO et al., 2019; BÁEZ et al., 2020).

2.2.8. Agricultura biológica

A agricultura biológica é um sistema de produção que se baseia na sustentabilidade da saúde dos solos e do sistema (MARRONE, 2019). Diversos são os motivos que tornaram este método uma ciência tão relevante no meio agrícola, o qual usufrui do uso de boas práticas, tendo em vista à manutenção e melhoria da fertilidade do solo e a diversidade do ecossistema agrícola (CHOJNACKA, 2015; MARRONE, 2019).

Os insumos agrícolas biológicos são de origem natural e, portanto, totalmente biodegradáveis e não tóxicos para as plantas e o homem (CHOJNACKA, 2015). Este método inspira-se na forma tradicional de cultivo, porém, recorrendo a novas

tecnologias e a conhecimentos revolucionários, resultando em cultivos de plantas mais eficientes (KRZYZANOWSKI et al., 2018).

Com o aumento da produtividade de soja no Brasil buscam-se cada vez mais novas soluções, aprimorando insumos de diferentes fórmulas, de modo que as sementes possam apresentar maior evolução e melhoria no seu desenvolvimento (TATTO et al., 2018).

É necessário que todas as operações realizadas ao longo do ciclo da cultura sejam executadas da melhor forma possível. E, para a obtenção de sementes de qualidade é necessário adotar técnicas especiais, como o tratamento de sementes, que consiste em um dos mais importantes métodos para que se tenham bons resultados (QUEIROZ; MACHADO, 2018; SOUSA et al., 2020).

O tratamento de sementes (TS) pode ser um grande aliado no estabelecimento de uma área de produtividade, este é um método que traz benefícios aos produtores, atribuindo proteção às sementes e as plântulas na fase inicial e ao longo de seu desenvolvimento (QUEIROZ; MACHADO, 2018).

Sendo assim, a demanda por substâncias, como bioestimulantes têm aumentado (FERREIRA et al., 2007). Os bioestimulantes e/ou fertilizantes biológicos, são complexos que promovem o equilíbrio hormonal das plantas e favorece a expressão do seu potencial genético (KLAHOLD, 2005; FERREIRA et al., 2007). Ainda assim, pode se estimular o crescimento vegetal, uma vez que o produto proporciona aumento da divisão celular e otimiza a capacidade de absorção de água e nutrientes, que são essenciais para o desenvolvimento das plantas (BERTOLIN et al., 2008; BUCHELT et al., 2019).

Estudos demonstram que a aplicação de fertilizantes biológicos nas sementes de soja têm apresentado efeitos significativos na germinação de sementes, no acréscimo em altura de plantas e no incremento de biomassa do sistema radicular (VESSEY; BUSS, 2002; KLAHOLD, 2005; ÁVILA et al., 2008; CAMPOS et al., 2008; NONOGAKI et al., 2010; HERMES et al., 2015; SANTOS et al., 2017; PRIETO et al., 2017; SILVA et al., 2018).

O uso de insumos biológicos através da aplicação foliar ou via sementes, tem proporcionado aumento da produtividade e melhor qualidade dos grãos (KLAHOLD, 2005; PRIETO et al., 2017; BUCHELT et al., 2019).

A prática de pulverização foliar com bioativadores e/ou bioestimulantes vêm sendo empregada pelos agricultores referente aos benefícios oferecidos ao solo e

também para a cultura desejada (ALOVISI et al., 2011). Os insumos orgânicos e/ou biológicos quando utilizados isolados ou associados a produtos minerais, possuem propriedades altamente benéficas ao solo, como o fornecimento de nutrientes, retenção de umidade, ativação da microbiota do solo, melhoria da textura e estrutura do solo, entre outras (BAQIR; ZEEBON, 2019).

A pulverização foliar com bioestimulantes apresenta melhorias na produtividade e qualidade das culturas, reconhecido como um promotor de crescimento, o insumo contém elementos que podem aprimorar a fertilidade do solo, a disponibilidade de nutrientes, o desenvolvimento de raízes e o crescimento de plantas, refletindo conseqüentemente na qualidade da colheita (ALOVISI et al., 2011; ABDEL et al., 2017; BAQUIR; ZEEBON, 2019).

Resultados experimentais têm mostrado grande variabilidade na resposta da soja à aplicação via foliar de produtos biológicos (MEDEIROS et al., 2003; CARVALHO et al., 2013; PRIETO et al., 2017; SCHNEIDER et al., 2018; LEE; CHOE, 2019).

2.2.10. Sistema Plocher®

A biotecnologia é uma ferramenta tecnológica adicional para a agricultura. Ela impulsiona o crescimento do agronegócio e exerce um papel importante para o aumento da produção (LOKKO et al., 2018).

O sistema Plocher® apresenta-se como catalisador de atividade biológica que modifica os equilíbrios químicos do meio ambiente (PLOCHER, 2021).

Por exemplo, na presença de matéria orgânica, processos de transformação aeróbia natural são favorecidos, o que leva a uma mineralização mais rápida e a um aspecto mais homogêneo da matéria orgânica (PLOCHER, 2021). O sistema compõe-se de 3 produtos, o insumo de aplicação no solo (Humus Soil®), tratamento de semente (Plants Do®) e aplicação foliar (Combi Leaf®).

O Plocher Humus Soil® é um fertilizante para o solo que contém carbono orgânico e melaço em sua composição. O Humus Soil® favorece a agregação do solo, intervém na distribuição do espaço poroso, afetando algumas propriedades físicas, como a capacidade de retenção de água do solo e também medeiam as propriedades biológicas, atuando como fonte de energia para os organismos do solo (PLOCHER, 2019). O insumo também pode melhorar a capacidade de troca catiônica e o uso de

matéria orgânica do solo, além de promover a liberação de vários nutrientes à disposição das plantas, resultando em uma melhora no desenvolvimento das mesmas (PLOCHER, 2019; CALTECH, 2020).

O Plocher Plants Do[®], recomendado para o tratamento de sementes e aplicação foliar contém na sua formulação cálcio e magnésio, elementos essenciais para o desenvolvimento das plantas. Auxilia no fortalecimento da parede celular vegetal, participa dos processos enzimáticos e hormonais, além de ajudar na proteção das culturas, contra o estresse de temperaturas elevadas e doenças (PLOCHER, 2019; CALTECH, 2020).

O fertilizante foliar Plocher Combi Leaf[®] é um produto que contém carbono orgânico em sua composição (PLOCHER, 2019). Este, favorece o crescimento das plantas, onde suas principais funções são fortalecer o sistema imunológico, aumentar a absorção de nutrientes e recuperar a planta após períodos de estresse (PLOCHER, 2019; CALTECH, 2020). O mesmo pode reduzir a suscetibilidade das plantas a infestações de doenças e pragas e atuar como fonte de energia para plantas e microrganismos (PLOCHER, 2019; CALTECH, 2020).

2.2.2. Microbiota e indicadores de qualidade do solo

A microbiota do solo é constituída por fungos, bactérias, actinomicetos e protozoários, sendo estes microrganismos determinantes para a qualidade do solo e da agricultura (FERREIRA et al., 2017).

A população microbiana do solo convive em equilíbrio dinâmico com fatores tanto bióticos, quanto abióticos, os quais podem ser alterados pelas modificações do meio ambiente (CASTLE et al., 2017).

A qualidade do solo está relacionada com a sua capacidade de manter a produtividade dentro dos limites naturais de um ecossistema, tendo em consideração o equilíbrio do meio ambiente, a manutenção da biodiversidade de plantas e animais, promover a qualidade da água e do ar e, colaborar para a saúde humana (DORAN; PARKIN, 1994).

A atividade microbiana influencia no estado de equilíbrio do solo, pois está diretamente relacionada a processos importantes, como a decomposição de material orgânico, estrutura do solo, disponibilidade de nutrientes para as plantas, transformações bioquímicas específicas, além de produzirem substâncias inibidoras ou

promotoras de crescimento de plantas, regulação do ciclo da água e biorremediação (JENKINSON; POWLSON, 1976; TURBÉ et al., 2010; FERREIRA et al., 2017).

Os indicadores de qualidade do solo são atributos que quantificam e/ou refletem o seu estado ambiental, sendo que os indicadores biológicos do solo são considerados altamente sensíveis às alterações no ambiente causadas por ações antrópicas (PÔRTO et al., 2009; MARTINS, 2020).

Muitas vezes, alterações nos atributos microbiológicos do solo podem causar modificações nas suas propriedades químicas e físicas, retratando sinais na melhoria ou na degradação do solo como um todo (GUIMARÃES et al., 2017; GALLO et al., 2019).

Ações geradas pelo uso do solo podem ser verificadas através de microrganismos, que são utilizados como medidores de processos e, por serem considerados sensíveis indicadores, uma vez que possuem a capacidade de apresentar respostas rápidas às alterações no ambiente (ARAÚJO et al., 2012; STIEVEN et al., 2014). As variações no teor de carbono da biomassa microbiana (BMS), respiração basal (RBS), quociente metabólico (qCO_2), atividade enzimática e densidade de populações microbianas são os indicadores mais utilizados para induzir a qualidade do solo (ARAÚJO et al., 2012; MARTINS, 2020).

Esses indicadores, além de serem úteis para o acompanhamento do solo, também servem para orientar o planejamento e a avaliação das práticas de manejo utilizadas, revelando uma alternativa crescente para buscar melhorias da preservação e da conservação de ambientes (KENNEDY; SMITH, 1995; CHEN et al., 2003; ARAÚJO et al., 2009; CASTLE et al., 2017; FERREIRA et al., 2017; TRIVEDI et al., 2017; HOFFMANN et al., 2018; GALLO et al., 2019; MARTINS, 2020).

2.2.3. Carbono da biomassa microbiana (CBM)

Dentre os indicadores microbiológicos, a biomassa microbiana é um dos mais estudados para avaliar a qualidade do solo (SANTOS et al., 2015).

A biomassa microbiana é considerada um componente variável e sensível às alterações nos sistemas de manejo do solo e culturas, além de ser o principal indicador responsável pela decomposição de resíduos orgânicos, pela ciclagem de nutrientes e pelo fluxo de energia dentro do solo (JENKINSON; LADD, 1981; HOFFMANN et al., 2018).

Esse indicador é tido como um componente vivo da matéria orgânica presente no solo (HOFFMANN et al., 2018). Sua avaliação é de extrema importância para se obter informações rápidas sobre as mudanças na propriedades orgânicas do solo, afim de identificar variações causadas por cultivos ou desmatamentos, de forma que modificações nos sistemas de manejo possam ser sugeridas a tempo de evitar a sua degradação (SILVA et al., 2011; VILLANI et al., 2017).

A biomassa microbiana é responsável por regular as transformações e acúmulo de nutrientes, sendo uma fração lábil da matéria orgânica (MO) do solo (HOFFMANN et al., 2018). Tal ação pode refletir mudanças na MO e no desenvolvimento do solo, uma vez que os microrganismos do solo mediam vários processos que afetam o ecossistema e estão associados com a ciclagem de nutrientes, fertilidade do solo, mudanças nos estoques de carbono (C) e na dinâmica da matéria orgânica (SANTOS et al., 2015; HOFFMANN et al., 2018).

Através dessa ligação do carbono da biomassa microbiana (CBM) e os níveis de MO, qualquer alteração que ocorra, mesmo a menor que seja, irá refletir nos níveis de CBM, o que o torna um ótimo indicador de saúde do solo (NUNES et al., 2009).

O conteúdo de C da biomassa microbiana e a medida da atividade dos microrganismos no solo são de grande importância para o entendimento dos fluxos de nutrientes em ecossistemas naturais e manejados (SILVA et al., 2011; HOFFMANN et al., 2018; SANTOS et al., 2020).

Estudos apontam para uma redução no acúmulo de carbono associado a biomassa microbiana em ambientes mais perturbados, como pastagens e plantio convencional, quando comparados à áreas de mata e plantio direto, isto em razão da maior disponibilidade de matéria orgânica (ALVES et al., 2011; HOFFMANN et al., 2018; MARTINS, 2020; SANTOS et al., 2020).

2.2.4. Respiração basal (RBS)

A respiração basal do solo (RBS) pode ser definida como o somatório de todas as funções metabólicas, nas quais o CO₂ é produzido (MEDEIROS et al., 2019). Este se destaca por ser uma ferramenta sensível às alterações de umidade, manejo, cultivo, temperatura, composição química dos substratos orgânicos, substâncias inibidoras do crescimento microbiano, entre outras (MERCANTE et al., 2008).

A quantidade de carbono presente no solo possui correlação direta com a respiração basal e também com as condições ambientes presentes (MEDEIROS et al., 2019). Este indicador de qualidade é o mais utilizado para quantificar a atividade microbiana do solo, uma vez que consegue refletir a velocidade de decomposição de resíduos orgânicos adicionados ao solo, podendo ser determinado pela produção de CO₂ ou pelo consumo de O₂ em um ecossistema (PADILHA et al., 2014). Estando diretamente relacionado com o conteúdo de MO e com a biomassa microbiana do solo (MERCANTE et al., 2008).

A diminuição na taxa de respiração é definida como um indicativo de estar ocorrendo uma maior eficiência da utilização do carbono pela biomassa microbiana (PADILHA et al., 2014). Tal fato se deve aos valores da taxa de respiração basal estar ligados ao aumento ou redução de C disponível no solo (PADILHA et al., 2014).

As alterações nos dados de respiração basal indicam a ocorrência de algum estresse, como a redução na disponibilidade de substrato vegetal ou a presença de contaminantes no solo (YADA et al., 2015).

A variável RBS não deve ser analisada sozinha, pois altos valores de RBS tanto podem indicar que a microbiota do solo esteja sofrendo estresse, como também pode indicar alta atividade, devido ao aumento de disponibilidade de substrato (PADILHA et al., 2014; YADA et al., 2015; MARTINS, 2020).

2.2.5. Carbono orgânico total (COT)

A matéria orgânica é um importante componente da qualidade do solo, visto que está ligada a vários processos que ocorrem no ambiente, destacando a estabilidade dos agregados do solo, a infiltração e retenção de água e, como fonte de energia para os microrganismos que vivem nele (MARQUES et al., 2015). O carbono orgânico do solo é um agente cimentante da estrutura, atua no tampão do pH, na complexação de elementos e capacidade de troca de cátions, além de aumentar a disponibilidade hídrica no solo (CAMPOS et al., 2016; SALES et al., 2018).

É de suma importância o papel que a matéria orgânica possui na retenção de nutrientes para as plantas, já que possui cargas líquidas negativas, favorecendo a capacidade de troca catiônica do solo (MARQUES et al., 2015). Contudo, as práticas agrícolas que favorecem ou elevam os teores de COT no solo são extremamente relevantes (MARQUES et al., 2015).

A determinação do conteúdo de carbono orgânico total do solo é usada para estimar a quantidade da fração orgânica presente na ambiência (NELSON; SOMMERS, 1982). A maioria dos estudos voltados para a qualidade do solo em sistemas agrícolas utiliza o COT como ferramenta de quantificação de estoque de matéria orgânica (SALES et al., 2018).

Quanto maior for o valor do teor de COT, maior é a contribuição de resíduos vegetais sobre a superfície, o que indica que o sistema favorece o processo de ciclagem de nutrientes, mesmo nas camadas mais profundas do solo (CAMPOS et al., 2016; FERREIRA et al., 2017; SALES et al., 2018).

2.2.6. Quociente metabólico (qCO_2)

O quociente metabólico (qCO_2) é a razão entre o CO_2 produzido pela respiração basal e o carbono da biomassa microbiana, expressa em quantidade de CO_2 por grama de biomassa por tempo (NOVAK et al., 2018). O quociente metabólico pode retratar o status do metabolismo microbiano, que geralmente apresenta valores elevados quando o ambiente se encontra sob condições de estresse (NIEMEYER et al., 2012).

Sob condições de estresse, as comunidades microbianas serão menos eficientes ao converterem o carbono assimilado em biomassa, em razão de que a maior parte de C deverá ser utilizado para fornecer energia para processos metabólicos necessários à manutenção celular (ZHANG et al., 2011; NOVAK et al., 2018). Diante o exposto, alguns trabalhos vêm utilizando o qCO_2 como um bom indicador de qualidade do solo (NIEMEYER et al., 2012).

Os maiores valores do quociente metabólico refletem em condições de estresse sofrido pela biomassa microbiana, a qual responde oxidando carbono de suas próprias células como forma de sobrevivência e adaptação às alterações existentes no solo (ISLAM; WEIL, 2000). De outra forma, uma menor taxa de qCO_2 está relacionada a uma maior eficiência de uso dos recursos pela biomassa microbiana, que aumenta o teor de carbono incorporado aos seus tecidos (VIEIRA et al., 2011; CUNHA et al., 2012).

2.2.6. Quociente microbiano ($qMIC$)

O quociente microbiano é representado pela relação do carbono da biomassa microbiana com o carbono orgânico total do solo (COT) (DADALTO et al., 2015; PIZZANI et al., 2018). Essa associação é utilizada como indicador de qualidade da matéria orgânica do solo, mostrando a quantidade de carbono orgânico que está sendo imobilizado na biomassa, além de expor a eficiência dos microrganismos na utilização dos compostos orgânicos (SILVA et al., 2010; PIZZANI et al., 2018).

Portanto, se a biomassa microbiana estiver sob condições de estresse, a capacidade de utilização do C-orgânico diminuirá, expressando esse valor no q_{MIC} (CARNEIRO et al., 2009; SILVA et al., 2010). Se houver modificações nas condições de estresse, de forma favorável, haverá maior imobilização do carbono pela biomassa microbiana, o que resultará em um aumento do índice do quociente microbiano do solo, mesmo se os teores de carbono orgânico permanecerem inalterados (CARNEIRO et al., 2009; SILVA et al., 2010).

2.2.7. Fungos micorrízicos arbusculares (FMAs)

Micorriza é um termo de origem grega, proposto pelo biólogo alemão Albert Bernhard Frank, em 1885, para determinar a relação simbiótica mutualística estabelecida entre fungos de solo e raízes de plantas (SOUZA et al., 2006; SOUZA et al., 2017).

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA), podem ser usados de forma eficaz como mediadores nutricionais das plantas, principalmente, promover o aumento da absorção de fósforo e nitrogênio pelas mesmas (SHAMS, 2014).

Fungos micorrízicos atuam no fornecimento de água e nutrientes para as culturas, estimulam a produção de substâncias reguladoras para o crescimento e auxiliam no aumento da fotossíntese (AL-KARAKI, 2006; ABDEL et al., 2017; GAZOLA et al., 2017). No solo, os FMAs favorecem a agregação de suas partículas, auxiliam no controle de processos erosivos e, aumentam a resistência das plantas à pragas e doenças transmitidas pelo solo, desempenhando assim, um papel essencial na sustentabilidade dos sistemas agrícolas (AL-KARAKI, 2006; IGIEHON; BABALOLA, 2017; CRUZ et al., 2020).

A associação entre fungos micorrízicos e raízes contribui para a manutenção do desenvolvimento agrícola e permite reduzir a quantidade e aumentar a eficiência de uso dos corretivos e fertilizantes adicionados no solo (SOUZA et al., 2006; CRUZ et

al., 2017; IGIEHON; BABALOLA, 2017; GAZOLA et al., 2017; SOUZA et al., 2017; OEHL et al., 2017; SOSA-HÉRNANDEZ, 2019; ZHANG et al., 2019).

2.3. MATERIAL E MÉTODOS

2.3.1. Caracterização do experimento e delineamento experimental

O experimento foi conduzido em condições de campo, na área da Fazenda Escola Prof. Eduardo Meneghel Rando na Universidade Estadual do Norte do Paraná – UENP, *Campus* Luiz Meneghel, na cidade de Bandeirantes – PR (50°29'44,09'' – 50°09'42,56'' W e 23°17'5,10'' – 23°00'58,40'' S). Clima classificado como Cfa – subtropical úmido, (KÖPPEN; GEIGER, 1936), com precipitação média anual de 1.300 mm (SIMEPAR, 2020). Área de LATOSSOLO Vermelho eutroférico, de textura muito argilosa, com as seguintes composições químicas: pH – 4,6; Ca²⁺ – 3,8; Mg²⁺ – 2,8; K⁺ – 0,83; Al³⁺ – 0,4 cmolc dm⁻³; P – 43,3 mg dm⁻³ e M.O. – 20,2 g/kg.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, em esquema fatorial 2 x 5 (duas aplicações e cinco doses) com 5 repetições (Tabela 1), totalizando 50 parcelas.

A área total do experimento foi de 2.816 m². Cada parcela apresenta as medidas de 6 x 5 m, com distanciamento de 1 m entre si. As bordaduras verticais apresentavam 4 m de largura e 64 m de comprimento, enquanto as bordaduras horizontais continham 2 m de largura e 42 m de comprimento (Figura 1).

Tabela 5. Descrição dos tratamentos para avaliar a eficiência de três produtos biológicos na soja (*Glycine max*).

Sistema de Aplicação	Humus Soil Solo mL ha ⁻¹	Plants Do TS g ha ⁻¹	Plants Do Foliar g ha ⁻¹	Combi-leaf Foliar g ha ⁻¹
S	0	0	0	0
	250	0	0	0
	375	0	0	0
	500	0	0	0
	1000	0	0	0
StSL	0	10	200	400
	250	10	200	400
	375	10	200	400
	500	10	200	400
	1000	10	200	400

Dados: (TS) = Tratamento de sementes; (S) = aplicação somente no solo; (StSL) = aplicação solo, tratamento de semente e aplicação foliar



Figura 5. Área experimental. Fonte: SENE, 2021.

2.3.2. Coleta e preparo do solo

Após determinação total da área experimental, realizaram-se duas coletas de solo pré-plantio. Com o auxílio de um trado holandês, coletaram-se amostras compostas na profundidade de 0-10 cm.

Ao aplicar a metodologia da coleta em zigue-zague, ao todo coletou-se 140 pontos. A cada 10 pontos de coleta, constituía-se uma amostra composta. O material foi despejado em um balde e homogeneizado, em seguida foi armazenado em sacos plásticos identificados, cerca de 200 g de solo, totalizando 14 amostras compostas (EMBRAPA, 2009).

Após a análise das amostras de solo coletadas, foi determinada a quantidade de calcário a ser aplicada na calagem cuja aplicação foi a lanço, utilizando 200 kg de calcário calcítico para 2.816 m². A calagem do solo foi realizada 33 dias antes do plantio.

Após a identificação das espécies de plantas daninhas existentes na área, bem como seus estádios de desenvolvimento, foi realizada a dessecação pré-plantio, com pulverizador de barras automáticas. Para o manejo de plantas daninhas foi utilizado 400 mL de Select[®] 240 EC, 500 g de Glifosato[®] 720 WG Nortox e 300 mL de Wetcit[®] Gold, os quais foram diluídos em 80 litros de água, para posterior pulverização.

2.3.3. Pulverização, tratamento de sementes e plantio

As linhas de plantio foram feitas com um riscador mecânico com o espaçamento entrelinhas de 45 cm e, logo delimitou-se as parcelas para a semeadura.

Nos determinados tratamentos com as respectivas doses, foi realizada a aplicação com Humus Soil[®] no solo (Tabela 1). A pulverização foi realizada com um pulverizador costal com pressurização por cilindro de CO₂, composto por uma barra de 6 bicos, espaçados em 50 cm. A pulverização foi feita com a vazão de 100 L ha⁻¹.

Nos determinados tratamentos as sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) da cultivar M6410IPRO foram tratadas com 1 g do bioativador Plants Do[®], para 15 kg de sementes.

Em todos os tratamentos realizou-se o plantio manualmente, com 14 sementes por metro linear. Obtendo um stand de 13 plantas por metro linear.

2.3.4. Pulverização foliar

Os determinados tratamentos receberam pulverização foliar do bioativador Plants Do[®] no estágio V3 e do fertilizante Combi Leaf[®] no estágio V4, com auxílio do pulverizador costal com pressurização por cilindro de CO₂ (Figura 2).

Os demais tratos culturais (controle fitossanitário) foram realizados conforme as necessidades e recomendações técnicas para a cultura da soja.



Figura 6. Pulverização foliar de produtos do Sistema Plocher[®], com pulverizador costal de pressurização por cilindro de CO₂. Fonte: SENE, 2020.

2.3.5. Coleta e análise de solo no estágio final da fase vegetativa e início da reprodutiva (Vn R1) e pós colheita

Em ocasiões diferentes, foram realizadas duas coletas de solo pós-plantio. Na fase reprodutiva das plantas (R1) e pós colheita, procedendo da mesma maneira em ambas coletas.

Foram coletadas 6 sub-amostras na profundidade de 0-10 cm, dentro de cada unidade experimental. O material coletado com trado holandês foi despejado em um balde e homogeneizado para compor uma amostra composta.

As análises de solo foram conduzidas ao Laboratório de Solo da Universidade Estadual do Norte do Paraná – UENP, *Campus* Luiz Meneghel, na cidade de Bandeirantes – PR.

As amostras foram passadas na peneira de malha de 2 mm, para retirar qualquer resíduo de origem vegetal e/ou animal. Em seguida, foram retirados 2 g de cada amostra para a determinação da umidade pelo método da estufa à 105 ± 3 °C, permanecendo até atingir peso constante de acordo com Donagema et al. (2011).

2.3.6. Análises químicas do solo

Após secagem das amostras em estufa de circulação de ar forçado à 60 °C, foram realizadas as análises químicas do solo conforme Embrapa (1997). Para a determinação de pH (CaCl_2), K^+ e P, utilizou-se o extrator Mehlich⁻¹, com as determinações feitas por fotometria de chama. Os elementos Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+} trocáveis foram extraídos com KCl e analisados por titulometria.

Para a quantificação COT, a matéria orgânica foi oxidada com dicromato de potássio, em meio sulfúrico, e a titulação do carbono foi feita com sulfato ferroso amoniacal.

2.3.7. Análises microbiológicas do solo

2.3.7.1. Carbono da biomassa microbiana

O CBM foi avaliado pelo método de fumigação-extração conforme Vance et al. (1987), com 20 g de solo de cada tratamento em duplicata, com e sem fumigação. As amostras com e sem fumigação permaneceram no escuro sob temperatura de 25 ± 2 °C por 24 horas. A seguir, foi feita a extração do carbono microbiano, através da agitação das amostras, por 30 minutos a 220 rpm e decantação durante 30 minutos, utilizando 50 mL de sulfato de potássio (K_2SO_4) 0,5 M como extrator.

Logo, as amostras foram filtradas e foi retirado 8 mL do sobrenadante e adicionou-se 2 mL de solução 0,066 M de dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$), 10 mL de ácido sulfúrico P.A (H_2SO_4) e, 5 mL de ácido orto-fosfórico (H_3PO_4) 85%.

Após resfriamento da solução, foram adicionados 70 mL de água deionizada e o indicador difenilamina ($(C_6H_5)_2NH$) 1%.

A titulação foi realizada com solução 0,033 M de sulfato ferroso amoniacal [$(NH_4)_2 Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$], sendo que o ponto de viragem foi indicado com a mudança da cor púrpura para a cor verde.

A biomassa de cada tratamento é determinada pela diferença do fluxo de carbono entre amostras com e sem fumigação.

2.3.7.2. Respiração basal do solo

A respiração basal (RB) foi determinada conforme Silva et al. (2007), sendo pesadas 50 g da amostra de solo de cada tratamento em recipientes de vidro do tipo Snap Cap com capacidade de 100 mL. Em outro Snap Cap adicionou-se 10 mL de NaOH, solução receptora de CO_2 .

Os recipientes com a amostra de solo e seu respectivo frasco contendo NaOH, foram transferidos para um frasco de vidro de 2 L, hermeticamente fechado, para evitar o fluxo de CO_2 .

Todos os recipientes foram mantidos no escuro, sob temperatura entre 25 ± 2 °C, por 7 dias. Após esse período, adicionou-se junto ao NaOH, 2 mL de solução de cloreto de bário ($BaCl_2$) 10%, para completa precipitação do CO_2 e duas gotas de indicador fenolftaleína. A titulação teve procedência com ácido clorídrico (HCl) 0,5 M. A mudança de cor ocorreu da coloração rosa para incolor.

2.3.7.3. Quociente metabólico (qCO_2) e microbiano ($qMIC$)

O $q\text{CO}_2$ foi obtido pela razão entre respiração basal do solo e o carbono da biomassa microbiana, enquanto o $q\text{MIC}$ foi obtido pela razão entre o carbono da biomassa microbiana (CBM) e o carbono orgânico total (COT).

2.3.8. Análise de parâmetros agronômicos

No estágio final vegetativo da cultura, foram coletadas três plantas por unidade experimental, para a avaliação dos parâmetros de altura da planta (cm), comprimento de raiz (cm), massa fresca (g) e massa seca (g) de toda a planta (EMBRAPA, 2009).

A altura das plantas e o comprimento das raízes foram obtidos com auxílio de uma fita métrica. A massa fresca das plantas, foi determinada com pesagem em balança semianalítica (EMBRAPA, 2009).

Logo após a pesagem, foram coletadas amostras frescas de raízes com diâmetro ≤ 2 mm para a determinação da colonização micorrízica. Para este procedimento as raízes foram submetidas à técnica de clarificação de Phillips e Hayman (1970), a fim de possibilitar a determinação da colonização micorrízica a partir da leitura em lâminas interseccionadas (GIOVANNETTI; MOSSE, 1980).

Por fim, as plantas foram submetidas à secagem, com temperatura de 60 °C em estufa de circulação de ar forçado até massa constante, para posterior pesagem e determinação de massa seca (EMBRAPA, 2009).

2.3.9. Avaliação de produtividade

Para a variável produtividade, foi realizada a pesagem dos grãos, os quais foram coletados manualmente das plantas nas linhas centrais, com 3 metros lineares por unidade experimental. As plantas dos respectivos tratamentos foram submetidas a trilhagem, em trilhadeira estacionária, com posterior determinação do peso total e pesagem de mil grãos de acordo com Brasil (2009). O percentual de umidade dos grãos, foi feito com um determinador de umidade e os valores obtidos foram corrigidos para 13% de umidade.

2.3.10. Análise estatística

Os dados foram submetidos a Análise de Variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade e interação entre dose em regressão polinomial a 5% de probabilidade, com auxílio do Software SISVAR (FERREIRA, 2019).

2.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.4.1. Análise química do solo no estágio Vn – R1

Na análise do solo no estágio final da fase vegetativa e início da reprodutiva (Vn – R1), observou-se que a aplicação do Sistema Plocher® não apresentou diferença significativa nos teores dos macronutrientes (P, K, Ca e Mg) entre os tratamentos, no entanto houve diferença significativa no teor de Ca na fase inicial da implantação do experimento ($3,8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) para fase final da vegetativa ($5,9 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), fato este ligado a calagem realizada na área e, na formulação do produto Plants Do®.

Nos parâmetros acidez ativa (pH) (Figura 3) e nos teores de matéria orgânica do solo (Figura 4), foram observadas interações significativas entre os tratamentos e no decorrer do experimento. Os valores de pH aumentaram significativamente em função da correção realizada e das três doses de insumos biológicos do Sistema Plocher®, pulverizados pré-plantio e durante o cultivo. Estes resultados corroboram com aqueles apresentados por Quadros et al. (2012).

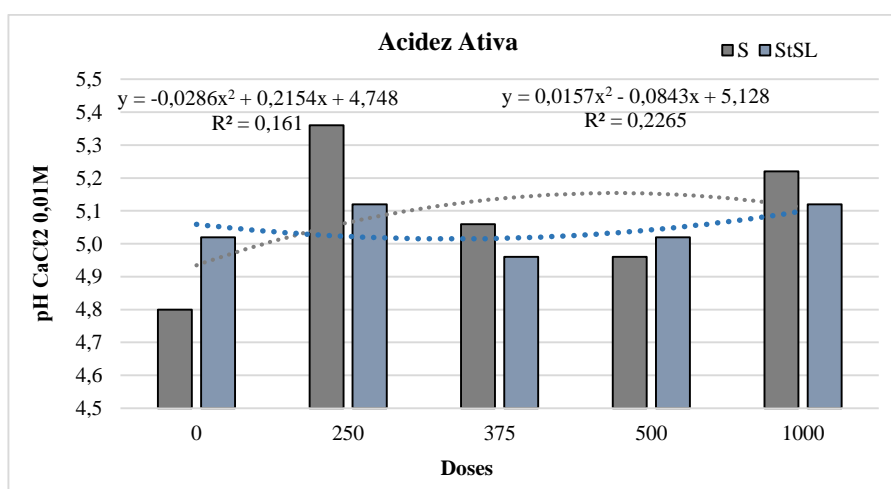


Figura 7. Teor de Acidez Ativa (pH), no estágio Vn – R1, nos solos que receberam diferentes doses de produtos biológicos Plocher®. **Dados:** Aplicação via solo com Plocher Humus Soil (S) e aplicação completa com Plocher Humus Soil + Plants Do + Combi Leaf (StSL).

O pH, na análise realizada no estágio R1 não demonstrou diferença significativa entre os tratamentos S e StSL. Porém, pode-se observar uma diferença estatística nas variáveis do tratamento S, onde a dose de 250 mL foi quem se destacou nesse atributo.

Contudo, é possível observar que com o aumento do pH, também transcorreu o aumento da M.O. Este aumento foi significativo ($p < 0,01$) no tratamento StSL, verifica-se aumento crescente com aumento da dose do Sistema Plocher® ($R^2 = 0,5669$), fato este não observado no tratamento com aplicação somente no solo ($R^2 = 0,127$) (Figura 4). Este aumento pode estar relacionado aos compostos de carbono orgânico, Ca e Mg presente nos produtos, que favoreceu a atividade dos microrganismos decompositores. O manejo e o preparo do solo são práticas decisivas que interferem nos atributos físicos e químicos do solo, podendo proporcionar o aumento da acidez ativa do solo, interferir na mineralogia, umidade, pH, temperatura e a biologia do solo (CORÁ; BERALTO; 2006; GARBUIO et al., 2011).

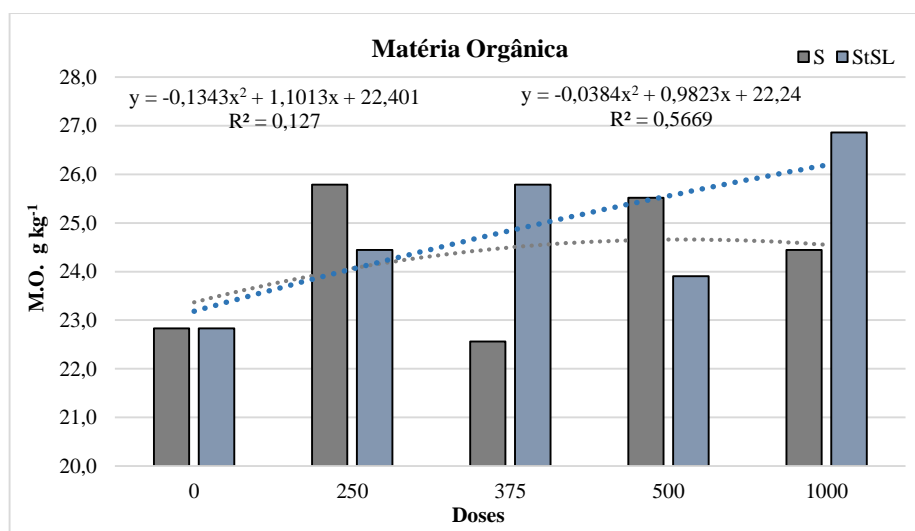


Figura 8. Teor de Matéria Orgânica (M.O.), no estágio Vn – R1, nos solos que receberam diferentes doses de produtos biológicos Plocher®. **Dados:** Aplicação via solo com Plocher Humus Soil (S) e aplicação completa com Plocher Humus Soil + Plants Do + Combi Leaf (StSL).

O papel dos resíduos culturais e da matéria orgânica acumulados na superfície do solo é de suma importância nos diversos processos que levam à alta qualidade do mesmo, contribuindo de forma direta para o aumento da fertilidade e, conseqüentemente, à maior produtividade das culturas (SOUZA et al., 2008),

tornando-a uma aliada do agricultor na busca por melhores índices de produtividade (LONDERO et al., 2020).

2.4.2. Análise microbiológica do solo estágio Vn – R1

Neste estágio fenológico (Vn – R1) o Carbono Orgânico Total (COT) foi maior em todos os tratamentos em comparação a análise realizada no início do ensaio ($11,7 \text{ g Kg}^{-1}$). Os tratamentos que receberam aplicação via solo (S) não apresentaram diferença significativa entre as doses. Porém, aquelas parcelas que receberam aplicação completa (StSL), apresentaram diferença significativa, aumentando com a dose, o teor de COT (Tabela 2).

O comportamento diferencial observado para o COT provavelmente se deu em função da aplicação dos variados insumos biológicos, com diferentes graus de suscetibilidade à decomposição da matéria orgânica, este fato pode ser representado pela entrada de material orgânico através dos produtos utilizados e, havendo a manutenção do estoque de carbono orgânico no solo (CARDOSO et al., 2010).

No atributo Carbono da Biomassa Microbiana (C_BMS) não houve diferença significativa entre aplicação do Sistema Plocher® (S e StSL) (Tabela 2). Porém, em ambos os tratamentos diferiram estatisticamente quanto a dose ($p < 0,0056$), entre si, destacando a dose de 250 mL ha^{-1} do Humus Soil® (Figura 5).

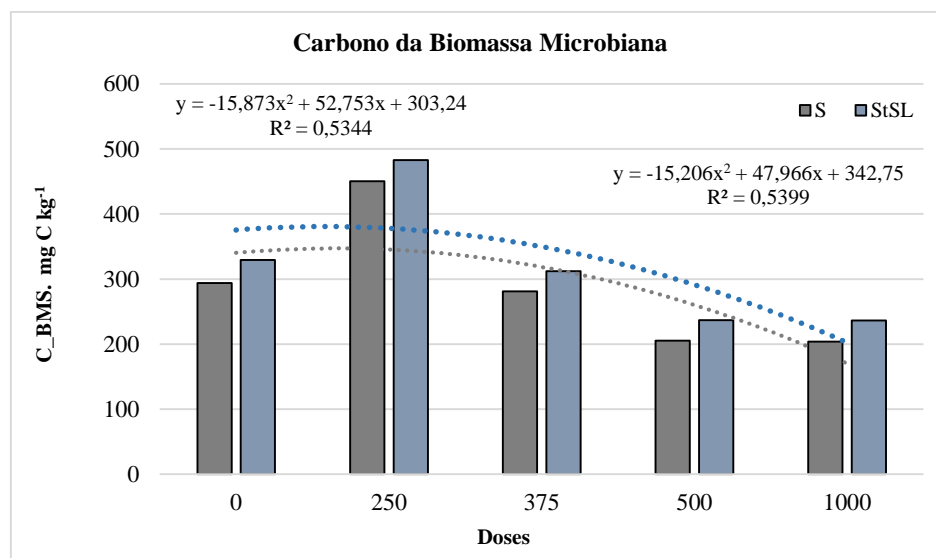


Figura 9. Análise de regressão polinomial do atributo Carbono da Biomassa Microbiana com Aplicação via solo com Plocher Humus Soil (S) e aplicação completa com Plocher Humus Soil + Plants Do + Combi Leaf (StSL).

Maiores teores de C_BMS são reflexos de que maiores quantidades de resíduos estão sendo introduzidas no solo, promovendo uma taxa elevada de decomposição dos resíduos vegetais e uma maior reciclagem de nutrientes (SILVA et al., 2007). Logo, é possível que as variáveis que apresentaram maiores quantidades de C_BMS são mais eficientes ao sistema, pois melhoram a qualidade do solo (CUNHA et al., 2012).

O quociente microbiano ($qMIC$) expressa na interação entre o C_BMS e o COT, mostrou maior eficiência dos microrganismos na imobilização do C na dose de 250 mL ha⁻¹, fato observado em ambos os tratamentos de aplicação (Tabela 2), no entanto este carbono imobilizado está prontamente disponível na deleção da biomassa microbiana. O percentual do valor de $qMIC$ pode variar dentro de condições normais, de 1 à 4% e, valores menores que 1% podem estar relacionados à algum fator limitante à atividade dos microrganismos do solo (JAKELAITIS et al., 2008).

Valores de $qMIC$ superiores a 1,8 e 2,2%, dependente do tipo solo, indica maior incorporação do carbono orgânico do solo na biomassa microbiana, ou seja, os microrganismos imobilizaram o carbono que estava disponível no solo, em suas células (PRAGANA et al., 2012; DADALTO et al., 2015).

A respiração basal do solo (RBS) não apresentou diferença significativa entre os tratamentos de aplicação, com exceção na dose 0 mL ha⁻¹, a aplicação StSL apresentou níveis maiores (1,39 mgC-CO₂ kg⁻¹ h⁻¹). Vale ressaltar que a aplicação do Sistema Plocher® à RBS foi maior em comparação ao tratamento que não recebeu nenhuma aplicação (0,48 mgC-CO₂ kg⁻¹ h⁻¹). Tal fato reflete diretamente no quociente metabólico (qCO_2), que verifica maior atividade da microbiota do solo com a aplicação do Sistema somente no solo (S) ou aplicação via solo, tratamento de semente e aplicação foliar (StSL), fato esse com valores superiores nas doses acima de 375 mL ha⁻¹ em ambos sistemas de aplicação (Tabela 2).

O qCO_2 corresponde a evolução de CO₂ do solo por unidade de carbono da biomassa microbiana em função do tempo (GONÇALVES et al., 2019). O valor elevado deste atributo indica que nesse sistema, esteja ocorrendo maior gasto de energia para a manutenção da comunidade microbiana do solo, ou seja, os microrganismos presentes estão oxidando, possivelmente, carbono de suas próprias células para se manterem vivos (DADALTO et al., 2015; BALOTA, 2017). O alto valor de qCO_2 pode ser um indicativo de estresse metabólico de populações

microbianas neste local ou alta atividade microbiana do solo em remediar ou degradação de material orgânico (GONÇALVES et al., 2019).

A utilização de diferentes doses do Humus Soil[®] não apresentou diferença estatística em nenhum dos tratamentos na colonização dos fungos micorrízicos arbusculares (FMA). No entanto, a comparação entre os tratamentos (S e StSL), mostrou aumento significativo na colonização de FMA em StSL, a qual recebeu o tratamento de sementes com Plants Do[®].

Micorrizas arbusculares (MA) são relações íntimas entre várias espécies de plantas e os fungos micorrízicos presentes no solo. O resultado desta associação promove modificações bioquímicas, fisiológicas e nutricionais da planta, favorecendo principalmente a absorção, translocação de nutrientes e água. E, conseqüentemente maior crescimento da planta (COSTA et al., 2012).

Tabela 6. Análise dos atributos microbiológicos do solo na cultura da soja com doses crescente (0, 250, 375, 500 e 1000 mL) de *Plocher Humus Soil*[®] com e sem tratamento de semente (*Plocher Plants Do*[®]) + aplicação foliar (*Plocher Combi-Leaf*[®] e *Plocher Plants Do*[®]), no estágio reprodutivo da planta.

TRAT	COT		C_BMS ^(b)		qMIC ^(b)		RBS		qCO ₂ ^(b)		FMA	
	g Kg ⁻¹		mg C kg ⁻¹		(%)		mg C-CO ₂ Kg ⁻¹ hr ⁻¹		RBS C_BMS ⁻¹		%	
	S ^(ns)	StSL	S	StSL	S	StSL	S	StSL	S	StSL ^(ns)	S ^(ns)	StSL ^(ns)
0	13,2 ^A	13,2 ^{Ab}	293,78 ^{ab}	329,30 ^{ab}	2,25 ^{ab}	2,50 ^{ab}	0,48 ^{Bb}	1,39 ^{Aa}	1,61 ^c	4,28	35,4 ^A	46,6 ^A
250	15,0 ^A	14,2 ^{Aab}	450,48 ^a	482,87 ^a	3,02 ^a	3,43 ^a	1,64 ^a	1,40 ^a	3,64 ^{bc}	2,90	31,4 ^B	53,0 ^A
375	13,1 ^B	15,0 ^{Aab}	280,96 ^{ab}	312,09 ^{ab}	2,16 ^{ab}	2,10 ^{ab}	1,89 ^a	2,01 ^a	6,85 ^{ab}	6,47	30,0 ^B	43,6 ^A
500	14,8 ^A	13,9 ^{Bab}	205,29 ^b	236,60 ^b	1,39 ^b	1,72 ^b	1,63 ^a	1,65 ^a	8,18 ^a	7,04	36,2 ^B	48,4 ^A
1000	14,2 ^A	15,6 ^{Aa}	203,94 ^b	236,09 ^b	1,44 ^b	1,53 ^b	1,76 ^a	1,49 ^a	8,70 ^a	6,42	35,4 ^B	49,2 ^A
C.V. (%)	8,51		34,09		34,79		27,52		42,43		22,57	

Dados: (COT) = Carbono Orgânico total; (C_BMS) = Biomassa de Carbono Microbiano; (qMIC) = Quociente Microbiano; (RBS) = Respiração Basal do Solo; (qCO₂) = Quociente Metabólico do Solo; (FMA) = Fungos Micorrízicos Arbusculares; S (aplicação solo); StSL (aplicação solo, tratamento de semente e aplicação foliar). Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si dentro da dose entre as aplicações (S) e (StSL) e médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si entre as doses pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade. (a) Não houve diferença significativa na interação dose e aplicação no atributo; (b) Não houve diferença significativa entre as aplicações; (ns) Não houve diferença significativa entre as doses pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

2.4.3. Análise dos parâmetros agronômicos da planta no estágio R1

No parâmetro altura de plantas, houve interação significativa entre os tratamentos (S e StSL). Observa-se que o Humus Soil[®], de aplicação via solo (S) se destacou, apresentando plantas mais altas. No entanto, maior altura não se confirma em maior massa fresca e seca da parte aérea. A aplicação foliar de Combi Leaf[®], afetou negativamente o desenvolvimento da planta (Tabela 3).

Em ambientes mais estáveis, ocorre certa tendência de aumento da atividade dos microrganismos, assim conseqüentemente, o q_{MIC} pode aumentar e refletir no desenvolvimento da planta (ARAÚJO NETO et al., 2014). Fato que pode ser observado na dose de 250 mL do atributo altura (Tabela 3) e q_{MIC} (Tabela 2). As variações na altura de plantas também podem estar relacionadas por época de semeadura, espaçamento de plantas entre e dentro das fileiras, umidade e temperatura (CARVALHO et al., 2011).

Nas características de massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa fresca da raiz (MFR) e massa seca da raiz (MSR), o S foi o tratamento que apresentou diferença estatística significativa, destacando as doses de 375, 500 e 1000 mL ha⁻¹ de Humus Soil[®].

O tratamento completo, que recebeu diferentes doses de Humus Soil[®], Plants Do[®] e Combi-Leaf[®] pode ter ocasionado uma redução no tamanho de plantas e seu peso, devido a associação entre os microrganismos, o que de fato é um resultado positivo, pois pode ser atribuído a circunstância das plantas terem mobilizado maior crescimento para o sistema radicular (Tabela 3) (PICCININ et al., 2013; SANTOS, 2020).

O cultivo sob o sistema StSL, apresentou diferença estatística em relação ao sistema S, para o fator comprimento de raiz (Tabela 3), isso pode ser explicado pela associação dos fungos micorrízicos arbusculares através do tratamento de sementes (Tabela 2), que permitiu a mobilização de nutrientes, bem como o alcance de substâncias nutritivas de mais difícil mobilidade (JOHANSSON et al., 2004).

Mas vale ressaltar o tamanho reduzido das raízes em todos os tratamentos, fato este justificado pela alta compactação do solo em toda a área experimental (Figura 6).

A dose de Humus Soil[®] e a massa fresca e seca de raiz apresentou interação polinomial ($p < 0,04$ e $p < 0,0014$), com aumento da dose, maiores são a massa fresca e

seca da raiz, sendo que a dose de 1000 mL ha⁻¹ foi observado uma relação negativa (Figura 7 e 8).

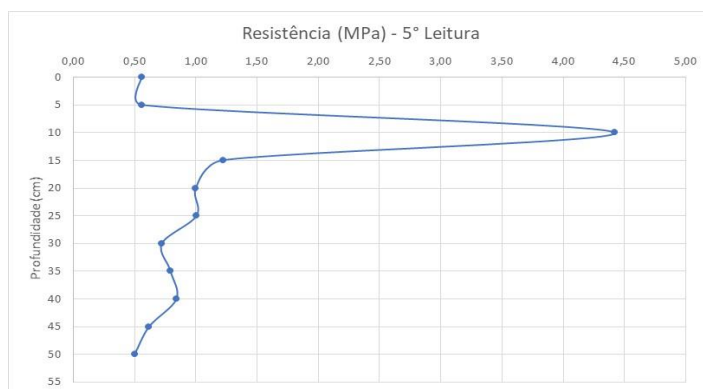


Figura 10. 5ª. Leitura da resistência a penetrômetro (MPa) da área antes do plantio.

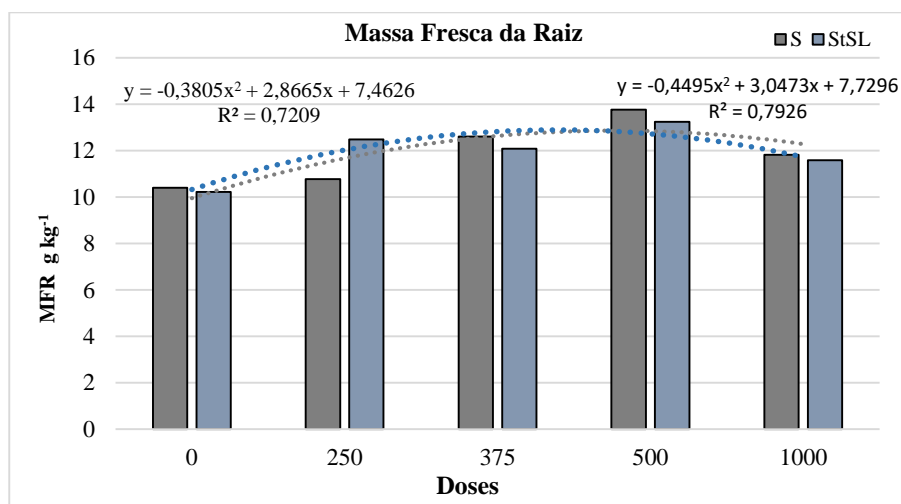


Figura 11. Regressão polinomial da influência da dose de Humus Soil® sobre a massa fresca de raiz no estágio R1.

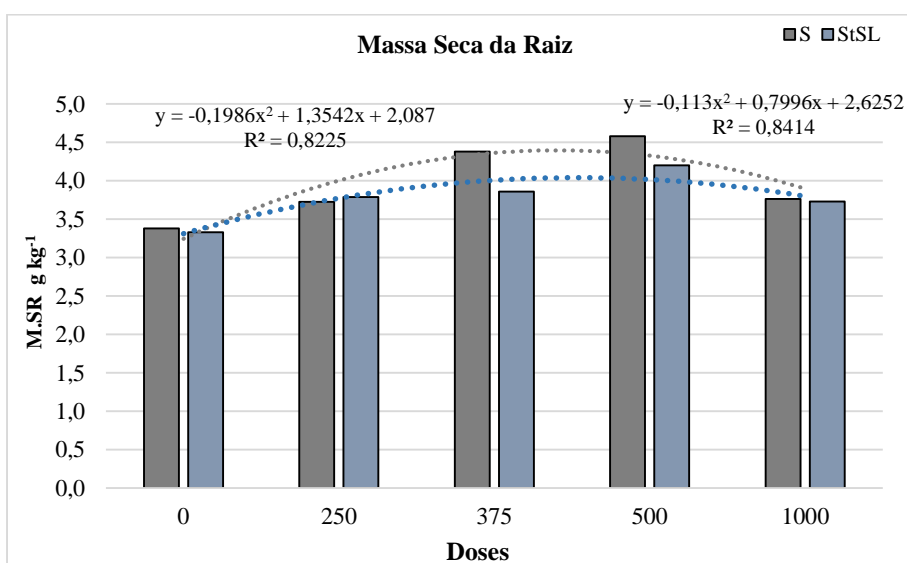


Figura 12. Regressão polinomial da influência da dose de Humus soil® sobre a massa seca de raiz no estágio R1.

Tabela 7. Análise dos parâmetros agronômicos da planta soja no estágio R1, com doses crescente (0, 250, 375, 500 e 1000 mL) de *Plocher Humus Soil*[®] com e sem tratamento de semente (*Plocher Plants Do*[®]) e aplicação foliar (*Plocher Combi-Leaf*[®] e *Plocher Plants Do*[®]).

TRAT	Altura		MFPA		MSPA		RAIZ ^(a)		MFR ^(b)		MSR ^(b)	
	cm		g		g		cm		g		g	
	S	StSL ^(ns)	S	StSL ^(ns)	S ^(ns)	StSL ^(ns)	S	StSL	S	StSL	S	StSL ^(ns)
0	130,60 ^{Aa}	115,60 ^B	127,67 ^b	128,82	26,65	29,58	9,10	8,60	10,40 ^b	10,22 ^b	3,38 ^b	3,33
250	132,11 ^{Aa}	115,60 ^B	124,91 ^b	144,93	28,56 ^B	35,00 ^A	7,45	7,60	10,77 ^b	12,49 ^{ab}	3,73 ^{ab}	3,79
375	123,70 ^{Aab}	116,70 ^A	167,50 ^{Aa}	133,01 ^B	34,33	31,11	7,89	7,59	12,61 ^a	12,09 ^{ab}	4,38 ^a	3,86
500	125,50 ^{Aab}	116,00 ^B	156,48 ^{ab}	147,20	32,08	34,64	8,85	8,76	13,77 ^a	13,25 ^a	4,58 ^a	4,20
1000	119,90 ^{Ab}	111,60 ^B	140,71 ^{ab}	145,70	31,55	32,27	8,30	8,15	11,82 ^{ab}	11,59 ^{ab}	3,76 ^{ab}	3,73
C.V. (%)	6,65		21,56		20,24		20,81		18,43		18,42	

Dados: (MFPA) = Massa fresca da parte aérea; (MSPA) = Massa seca parte aérea; (MFR) = Massa fresca da raiz; (MSR) = Massa seca da raiz; S (aplicação solo); StSL (aplicação solo, tratamento de semente e aplicação foliar). Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si dentro da dose entre as aplicações (S) e (StSL) e médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si entre as doses pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade. (a) Não houve diferença significativa na interação dose e aplicação no atributo; (b) Não houve diferença significativa entre as aplicações; (ns) Não houve diferença significativa entre as doses pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

2.4.4. Análises pós-colheita

A produtividade teve interação Polinomial em ambos os tratamentos de aplicação (S e StSL) com $p < 0,043$ e $p < 0,023$ respectivamente. Demonstrando maior produtividade nas doses de 250 e 375 mL ha⁻¹, com incremento de produtividade na aplicação apenas do Humus Soil® em 12,1 e 5,7 sacas por hectare respectivamente e no sistema de aplicação em solo, tratamento de semente e foliar com incremento de 9,5 e 7,0 sacas ha⁻¹ respectivamente (Figura 9)

Fato este, que pode estar correlacionado com o desenvolvimento da raiz, que apresentou maior comprimento em relação à altura da parte aérea. O estímulo ao crescimento do sistema radicular implica em maior volume de solo explorado e, sucessivamente maior absorção de água e nutrientes, o que pode ter proporcionado o aumento de produtividade e acúmulo de N nos grãos (PIVETTA et al., 2011; PICCININ, 2013; MANTELI et al., 2019).

A desenvoltura da produtividade do tratamento StSL também pode estar relacionado com a presença de FMAs na cultura, observados após o tratamento de sementes com o Plants Do®, evento este que consegue reproduzir a relação entre os parâmetros necessários para que a planta apresente alta produtividade (MANTELLI et al., 2019; SANTOS, 2020). Sendo assim, a utilização de insumos no solo e tratamento de semente pode ser considerados uma ótima alternativa para o incremento produtividade da cultura soja.

Os atributos microbiológicos do solo avaliados pós-colheita apresentou os mesmos parâmetros na fase Vn – R1, ou seja, a atividade microbiana se destaca em uso do Sistema Plocher® na dose baixa (0 e 250 mL ha⁻¹) de Humus Soil® (Tabela 4).

O teor de COT pós-colheita não apresentou diferença significativa entre os sistemas de tratamentos, porém, houve distinção dentre as variáveis do StSL, uma vez que a dose 1000 mL ha⁻¹ se destacou (Tabela 4). O uso destes insumos biológicos, podem ter auxiliado na acumulação de matéria orgânica do solo, o que reduz a taxa de decomposição da mesma e, representa maiores teores de carbono orgânico total (BICALHO, 2011).

Entre os tratamentos verificou-se uma diferença estatística significativa e, o StSL apresentou melhor desempenho no atributo de biomassa de carbono microbiano (C_BMS). Além de manifestar maior teor em comparação com o sistema S, ocorreu também um aumento do mesmo ao compará-lo na fase reprodutiva.

Isso pode ocorrer devido ao tempo de incorporação dos produtos Plocher® ao solo, possivelmente pela sua decomposição, que indica maior incorporação de C pela biomassa microbiana, ocorrendo um aumento da respiração dos indivíduos e conseqüentemente, no atributo citado (CUNHA et al., 2011). Como também, a redução da respiração dos microrganismos no período reprodutivo da cultura, pode estar relacionado com a maior eficiência de utilização do C pela biomassa microbiana e, conseqüentemente resultando em menores perdas de C para a atmosfera (PADILHA et al., 2014).

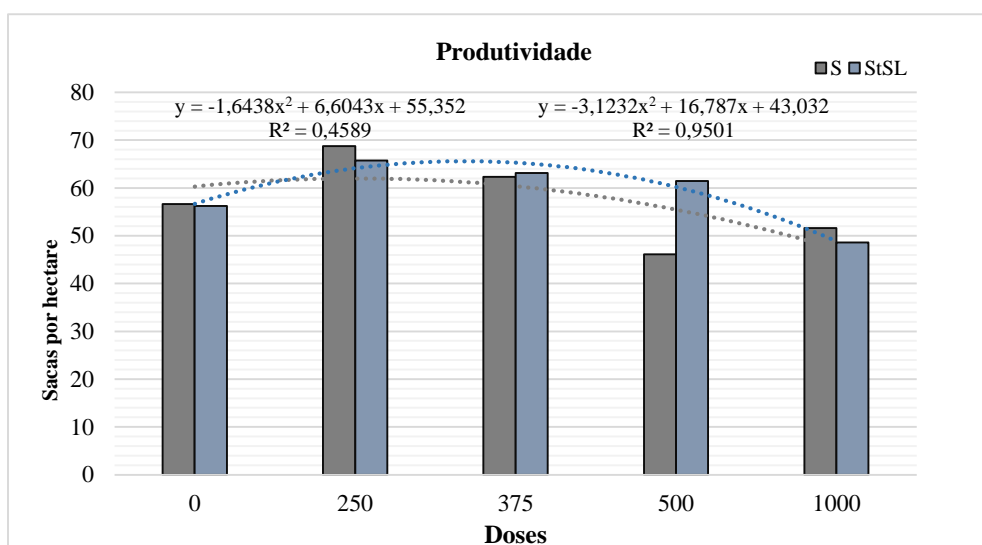


Figura 13. Regressão polinomial da produtividade em sacas por hectares em tratamento de Aplicação via solo com Plocher Humus Soil (S) e aplicação completa com Plocher Humus Soil + Plants Do + Combi Leaf (StSL).

A respiração basal do solo é a medida mais usual para determinar a atividade microbiana do solo (ALEF; NANNIPIERI, 1995). O resultado do Sistema Plocher® sobre este atributo, indica que a utilização de ambos os produtos, estimulou a atividade microbiana, exceto a dose de 250 mL do StSL, que se diferiu estatisticamente, não alcançando a mesma proposta que a dose do tratamento S. Quando um insumo biológico é adicionado ao solo, os organismos o utilizam como fonte de carbono e de energia, ocorrendo um aumento na atividade biológica e posteriormente na liberação de CO₂ (PASSIONOTO et al., 2001).

Tabela 8. Análise dos atributos microbiológicos do solo na cultura da soja com doses crescente (0, 250, 375, 500 e 1000 mL) de *Plocher Humus Soil*[®] com e sem tratamento de semente (*Plocher Plants Do*[®]) e aplicação foliar (*Plocher Combi-Leaf*[®] e *Plocher Plants Do*[®]), em pós-colheita.

TRAT	COT		C_BMS		qMIC		RBS		qCO ₂		Produtividade	
	g Kg ⁻¹		mg C kg ⁻¹		(%)		mg C-CO ₂ Kg ⁻¹ h ⁻¹		RBS C_BMS ⁻¹		Kg ha ⁻¹	
	S ^(ns)	StSL	S	StSL	S ^(ns)	StSL	S	StSL	S	StSL ^(ns)	S	StSL ^(ns)
0	10,13	11,84 ^b	291,90 ^{Ba}	496,34 ^{Aa}	2,64 ^B	4,21 ^{Aa}	1,44 ^{Bb}	2,68 ^{Aa}	5,01 ^b	5,42	3.396,7 ^{ab}	3.374,6
250	13,40	13,87 ^{ab}	196,19 ^{Ba}	323,01 ^{Ab}	1,55	2,33 ^b	3,36 ^{Aa}	1,96 ^{Bab}	17,44 ^{Aa}	6,15 ^B	4.123,8 ^a	3.944,1
375	12,31	14,33 ^{ab}	227,42 ^{Aa}	221,37 ^{Ab}	1,88	1,60 ^b	1,17 ^{Ab}	0,82 ^{Ab}	5,24 ^b	3,74	3.740,3 ^{ab}	3.787,1
500	13,24	15,11 ^{ab}	239,92 ^{Aa}	283,39 ^{Ab}	1,84	1,88 ^b	0,62 ^{Ab}	0,68 ^{Ab}	2,69 ^b	2,44	2.765,9 ^{Bb}	3.688,1 ^A
1000	12,93 ^B	17,14 ^{Aa}	327,83 ^{Aa}	311,10 ^{Ab}	2,23	1,81 ^b	1,09 ^{Ab}	1,21 ^{Aab}	3,38 ^b	4,01	3.098,1 ^{ab}	2.916,8
C.V. (%)	19,43		28,94		35,16		57,32		69,52		19,13	

Dados: (COT) = Carbono Orgânico total; (C_BMS) = Biomassa de Carbono Microbiano; (qMIC) = Quociente Microbiano; (RBS) = Respiração Basal do Solo; (qCO₂) = Quociente Metabólico do Solo; S (aplicação solo); StSL (aplicação solo, tratamento de semente e aplicação foliar). Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si dentro da dose entre as aplicações (S) e (StSL) e médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si entre as doses pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade. (a) Não houve diferença significativa na interação dose e aplicação no atributo; (b) Não houve diferença significativa entre as aplicações; (ns) Não houve diferença significativa entre as doses pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O tratamento S demonstrou diferença significativa nas variáveis ao se tratar da característica $q\text{CO}_2$, a dose de 250 mL foi a única que se sobressaiu das demais e, ao analisar os atributos microbiológicos na fase reprodutiva, pode-se observar uma redução no teor do quociente metabólico do solo, na análise microbiana pós-colheita.

A redução dos valores de $q\text{CO}_2$ pode estar relacionado à diminuição das perdas de carbono pela respiração, bem como pela maior eficiência da biomassa microbiana na utilização de C, uma vez que ocorre maior incorporação desse ao tecido microbiano (VIEIRA et al., 2011; PADILHA et al., 2014).

No teor de matéria orgânica (Figura 10), o sistema que recebeu sementes tratadas, pulverização no solo e foliar (StSL), se destacou estatisticamente e, a dose de 1000 mL foi quem apresentou melhor resultado. A ciclagem da M.O. é controlada por taxas de deposição, decomposição e renovação dos resíduos, que ocorrem de forma dinâmica (MULVANEY et al., 2010). Contudo, nesse ambiente pode se dizer que a taxas de entrada de material ao solo, foi disponibilizada através do Sistema Plocher®.

Já que os componentes estáveis expressos nesse atributo são considerados mais resistentes ao ataque microbiano, em função da sua estrutura molecular e da proteção física (BARROS et al., 2011), ou seja, as práticas de manejo realizada com os três insumos biológicos (Humus Soil®, Plants Do® e Combi-Leaf®) resultaram na manutenção e/ou incremento da M.O.

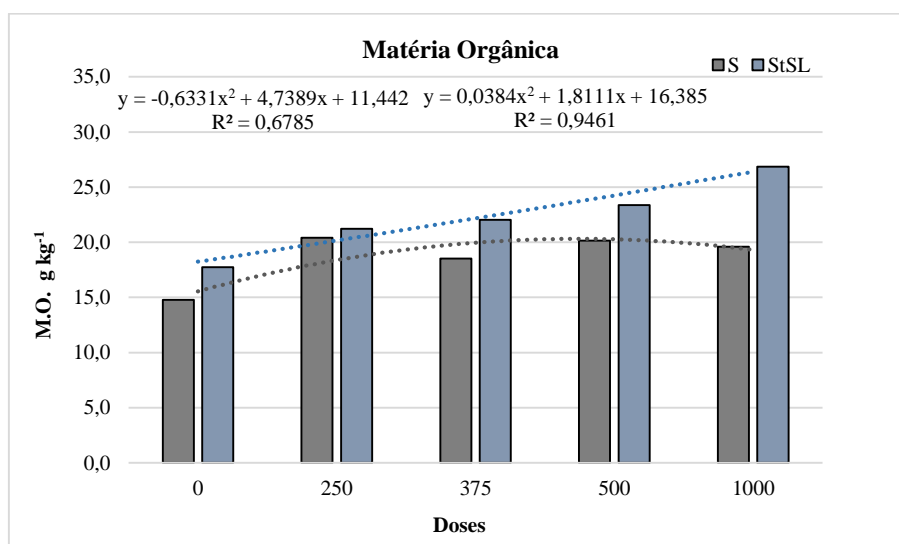


Figura 14. Teor de Matéria Orgânica (M.O.), pós-colheita, nos solos que receberam diferentes doses de produtos biológicos Plocher®. **Dados:** Aplicação via solo com Plocher Humus Soil (S) e aplicação completa com Plocher Humus Soil + Plants Do + Combi Leaf (StSL).

Ocorreu diferença estatística significativa somente entre as testemunhas de ambos os tratamentos, sendo que a testemunha do sistema StSL demonstrou valor inferior ao pH (Figura 11).

O atributo de acidez ativa aumentou na análise pós-colheita nos dois tratamentos (S e StSL), tal fato pode ser explicado pela reação do corretivo ao longo do tempo. Outros autores observaram melhorias no atributo pH, com a aplicação superficial de calcário no solo (CAIRES et al., 2000; RHEINHEIMER et al., 2000; ALVAREZ et al., 2010; TUCHER et al., 2018; RATKE et al., 2021).

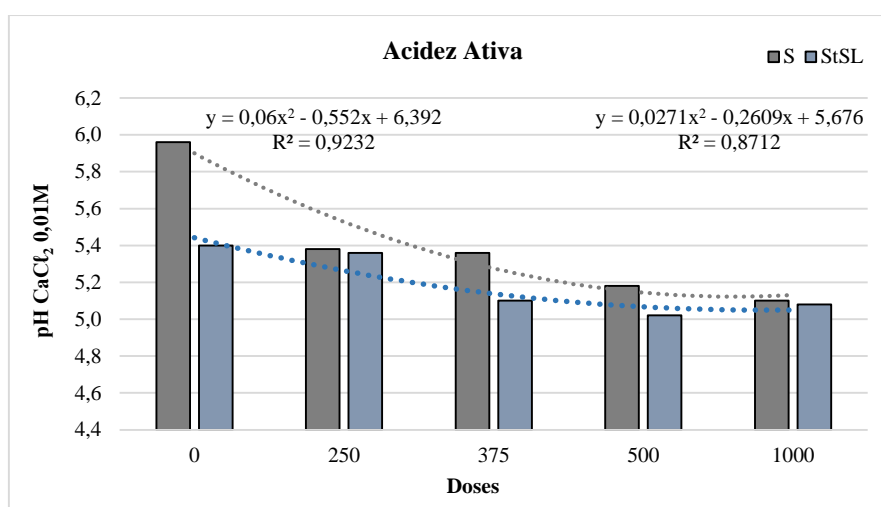


Figura 15. Teor de Acidez Ativa (pH), pós-colheita, nos solos que receberam diferentes doses de produtos biológicos Plocher®. **Dados:** Aplicação via solo com Plocher Humus Soil (S) e aplicação completa com Plocher Humus Soil + Plants Do + Combi Leaf (StSL).

2.5. CONCLUSÃO

A correção do solo com calcário calcítico, realizada na fase pré-plantio promoveu o aumento do pH do solo ao longo do experimento.

A dose de Humus Soil® no solo, tratamento de sementes com Plants Do® e pulverização foliar com Combi Leaf® e Plants Do® teve uma relação direta no aumento do teor de carbono orgânico total (COT), na fase reprodutiva da soja e pós-colheita.

O sistema StSL proporcionou também um aumento significativo na colonização de fungos micorrízicos arbusculares, refletindo na massa fresca e seca da raiz.

As doses de 250 mL ha⁻¹ e 375 mL ha⁻¹ somente com Humus Soil[®] aumentou significativamente os teores de biomassa de carbono microbiano (C_BMS), a avaliação do solo na fase Vn – R1, refletindo no incremento de produtividade.

O Humus Soil aplicado na dose de 250 mL ha⁻¹ no solo influenciou de maneira positiva, nos atributos microbiológicos do solo e na produtividade da soja.

2.6. REFERÊNCIAS

- ABDEL NABI, H. M. A.; DOKLEGA, S.; QWAIDER, A. F. S. Effect of Organic, Bio Fertilization and Foliar Spraying Treatments on Artichoke. **Journal of Plant Production**, v. 8, n. 5, p. 559-567, 2017.
- ALOVISI, A. M. T.; MAGRI, J.; DUTRA, J. E.; MAGRI, E.; DOS SANTOS, M. J. G.; ALOVISI, A. A. Adubação foliar com sulfato de níquel na cultura da soja. **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v. 15, n. 2, p. 25-32, 2011.
- AL-KARAKI, G. N. Nursery inoculation of tomato with arbuscular mycorrhizal fungi and subsequent performance under irrigation with saline water. **Scientia horticulturae**, v. 109, n. 1, p. 1-7, 2006.
- ALTARUGIO, L. M.; LOMAN, M. H.; NIRSCHL, M. G.; SILVANO, R. G.; ZAVASCHI, E.; CARNEIRO, L. D. M.; OTTO, R. Yield performance of soybean and corn subjected to magnesium foliar spray. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 12, p. 1185-1191, 2017.
- ALVAREZ, E.; VIADÉ, A.; FERNÁNDEZ-MARCOS, M. L.; HERNÁNDEZ-NISTAL, J. Limestone particle size and liming scheduling influence soil properties and pasture production. **Soil science**, v. 175, n. 12, p. 601-613, 2010.
- ALVES, T. S.; CAMPOS, L. L.; ELIAS NETO, N.; MATSUOKA, M.; LOUREIRO, M. F. Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejos. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 33, n. 11, p. 341-347, 2011.
- ARAÚJO, A. S.; LEITE, L. F.; SANTOS, V. B.; CARNEIRO, R. F. Soil microbial activity in conventional and organic agricultural systems. **Sustainability**, v. 1, n. 2, p. 268-276, 2009.
- ARAÚJO, E. A.; KER, J. C.; NEVES, J. C. L.; LANI, J. L. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas ciências Agrárias**, v.5, n. 1, p. 187-206, 2012.
- ARAÚJO NETO, S. E. D.; SILVA, A. N. D.; KUSDRA, J. F.; KOLLN, F. T.; ANDRADE NETO, R. D. C. Atividade biológica de solo sob cultivo múltiplo de maracujá, abacaxi, milho, mandioca e plantas de cobertura. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 45, n. 3, p. 650-658, 2014.

ÁVILA, M. R.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; ALBRECHT, L. P.; TONIN, T. A.; STÜLP, M. Bioregulator application, agronomic efficiency, and quality of soybean seeds. **Scientia Agricola**, v. 65, n. 7, p. 567-691, 2008.

AZEVEDO JUNIOR, R. R.; SANTOS, J. B.; BARETTA, D.; RAMOS, A. C.; CARDOSO, E. J. B. N. Chemical and microbiological soil properties in organic and conventional management systems of *Coffea arabica* L. **J. Journal of plant Nutrition**, v. 40, n. 3, p. 2076-2086, 2017.

BÁEZ, M. S. A.; PETRY, M. T.; CARLESSO, R.; BASSO, L. J.; DA ROCHA, M. R.; RODRIGUEZ, G. J. Balanço hídrico e produtividade da soja cultivada sob diferentes níveis de déficit hídrico no Sul do Brasil. **Investigación Agraria**, v. 22 n. 1, p. 03-12, 2020.

BALOTA E. L.; MACHINESKI, O.; HAMID, K. I. A.; YADA, I. F. U.; BARBOSA, G. M. C.; NAKATANI, A. S.; COYNE, M. S. Soil microbial properties after long-term swine slurry application to conventional and no-tillage systems. **Brazil. Sci Total Environ**, v. 490, n. 51, p. 397-404, 2017.

BAQIR, H. A.; ZEEBON, N. H. Response of some wheat growth traits for foliar spraying with humic and glutamic ACID. **The Iraqi Journal of Agricultural Science**, v. 50, n. 5, p. 1455-1464, 2019.

BARROS, J. D. S.; CHAVES, L. H. G.; CHAVES, I. B.; PEREIRA, W. E. Effects os diferrent soil management systems ins the chemical properties in the Coastal Plains os State Paraíba. **Iranica Journal of Energy & Environment**, v. 12, n. 1, p. 339-347, 2011.

BATISTA, T. T. E.; NÓBREGA, M. P.; JÚNIOR, A. L. A.; MOREIRA, P. M. S. M.; MARACAJÁ, P. B. Indicadores de qualidade do solo em agroecossistema. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, v. 7, n. 1, p. 102-129, 2013.

BERTOLIN, D. C.; SÁ, M. E.; ARF, O.; HAGA, K. Y.; ABRANTES, L. F.; NOGUEIRA, D. C. Efeito de bioestimulantes no teor e no rendimento de proteínas de grãos de soja. **Agrarian**, v. 6, n. 2, p. 23-34, 2008.

BICALHO, I. Alteração na agregação e carbono orgânico total em solo cultivado com café sob diferentes sistemas de manejo. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 3, 2011. 12 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 2009. 365 p.

BRASIL, S. D. O. S.; MARQUES, L. D. L.; DA SILVA, R. F. B.; FREITAS, D. C. L.; SOARDI, K. Importância da resistência de plantas no controle de oídio: um levantamento de cultivares de soja no Brasil. **Revista Científica Rural**, v. 20, n. 2, p. 188-202, 2018.

BUHELDT, A. C.; METZLER, C. R.; CASTIGLIONI, J. L.; DASSOLLER, T. F.; LUBIAN, M. S. Aplicação de bioestimulantes e *Bacillus subtilis* na germinação e desenvolvimento inicial da cultura do milho. **Journal of Neotropical Agriculture**, v. 6, n. 4, p. 69-74, 2019.

CAIRES, E. F.; BANZATTO, D. A.; FONSECA, A. D. Calagem na superfície em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 3, p. 161-169, 2000.

CALTECH. Disponível em: <https://www.caltechagro.com/productos/>. Acesso em: 12 de junho de 2021.

CAMPOS, M. F.; ONO, E. O.; BOARO, C. S. F.; RODRIGUES, J. D. Análise de crescimento em plantas de soja tratadas com substâncias reguladoras. **Revista Biotemas**, v. 21, n. 12, p. 53-63, 2016.

CARDOSO, E. L.; SILVA, M. L. N.; SILVA, C. A.; CURI, N.; FREITAS, D. A. F. de. Estoques de carbono e nitrogênio em solo sob florestas nativas e pastagens no bioma Pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 9, p. 1028-1035, 2010.

CARDOSO, M. B.; PASCUTTI, T. M.; FERREIRA FILHO, P. J.; PRADO, E. P.; GUERREIRO, J. C. Associação da bactéria *Bradyrhizobium japonicum* com agrotóxicos utilizados no tratamento de sementes de soja. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 10, p. 18526-18537, 2019.

CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D. D.; REIS, E. F. D.; PEREIRA, H. S.; AZEVEDO, W. R. D. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 4, p. 147-157, 2009.

CARVALHO, E. R.; REZENDE, P. M. D.; ANDRADE, M. J. B. D.; PASSOS, A. M. A. D.; OLIVEIRA, J. A. Fertilizante mineral e resíduo orgânico sobre características agronômicas da soja e nutrientes no solo. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 7, p. 930-939, 2011.

CASTLE, S. C.; SULLIVAN, B. W.; KNELMAN, J.; HOOD, E.; NEMERGUT, D. R.; SCHMIDT, S. K.; CLEVELAND, C. C. Nutrient limitation of soil microbial activity during the earliest stages of ecosystem development. **Oecologia**, v. 185, n. 3, p. 513-524, 2017.

CHEN, G.; ZHU, H.; ZHANG, Y. Soil microbial activities and carbon and nitrogen fixation. **Research in microbiology**, v. 154, n. 6, p. 393-398, 2003.

CHOJNACKA, K. Innovative bio-products for agriculture. **De Gruyter Open**, v. 13, n. 3, p. 932-937, 2015.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acomp. Safra brasileira de grãos - Safra 2020/21**, v. 8, n. 1, p. 1-77, 2021.

CORÁ, J. E.; BERALDO, J. M. Variabilidade espacial de atributos do solo antes e após calagem e fosfatagem em doses variadas na cultura de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, v. 26, n. 3, p. 374-387, 2006.

COSTA, N. L.; PAULINO, V. T.; COSTA, R. S. C.; PEREIRA, R. G. A.; TOWNSEND, C. R.; MAGALHÃES, J. A. Efeito de micorrizas arbusculares sobre o

crescimento e nutrição mineral de *Brachiaria brizantha* cv. marandu. *Ciência Animal Brasileira*, v. 13, n. 4, p. 406-411, 2012.

CRUZ, C. E. SOBREIRA, A. C.; BARROS, D. L.; GOMIDE, P. H. O. Doses de fósforo e fungos micorrízicos arbusculares no crescimento e produção do feijão-caupi em Roraim. **Boletim do Museu Integrado de Roraima-ISSN**, v. 11, n. 1, p. 21-28, 2020.

CUNHA, E. Q.; STONE, L. F.; FERREIRA, E. P. B.; DIDONET, A. D.; MOREIRA, J. A. A.; LEANDRO, W. M. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho e os atributos biológicos do solo. **R. Bras. Ci Solo**, v. 35, n. 16, p. 603-611, 2011.

CUNHA, E. D. Q.; STONE, L. F.; FERREIRA, E. P. D. B.; DIDONET, A. D.; MOREIRA, J. A. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo sob produção orgânica impactados por sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 1, p. 56-63, 2012.

DADALTO, J. P.; FERNANDES, H. C.; TEIXEIRA, M. M.; CECON, P. R.; MATOS, A. T. D. Sistema de preparo do solo e sua influência na atividade microbiana. **Engenharia Agrícola**, v. 35, n. 12, p. 506-513, 2015.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. Defining soil quality for a sustainable environment. **Soil Science Society of America**, v. 6, n. 2, p. 3-21, 1994.

EMBRAPA. (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária); Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo, Rio de Janeiro, **Manual de análises de solo**. Ed. 2, 1997. 212 p.

EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Ed. Fábio Cesar da Silva. Brasília, DF, Embrapa Informação Tecnológica, v. 3, n. 1, ed. 2, 2009. p. 627.

FERREIRA, L. A.; OLIVEIRA, J. A.; VON PINHO, É. V. D. R.; QUEIROZ, D. L. D. Bioestimulante e fertilizante associados ao tratamento de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29 n. 2, p. 80-89, 2007.

FORSAN, B. N.; MAZZEU, L. D.; NOGUEIRA, J. P.; HENRIQUE, J. P. Germinação e desempenho de plântulas de soja tratadas com cobalto, molibdênio, níquel e bioestimulante. **Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa**, v. 37, n. 72, p. 41-50, 2021.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista brasileira de biometria**, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.

GALLO, A. S.; SANTOS ARAUJO, T.; SANTOS ARAUJO, F.; DOS SANTOS, L. C.; FRANÇA GUIMARÃES, N.; SILVA, R. F. Biomassa e atividade microbiana em solo cultivado com milho consorciado com leguminosas de cobertura. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 2, p. 347-357, 2019.

GAZOLA, C. V.; LOPES, F. H. A.; PRATES, T. X.; DE CARVALHO, J. P.; DA SILVA, R. D. A. Benefícios das plantas de cobertura e plantio direto em sistemas de agricultura orgânica regenerativa-uma visão geral. **Rev. Conexão Eletrônica**, v. 14, n. 1, p. 474-484, 2017.

GIOVANETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infections in roots. **New Phytology**, v. 84, n. 7, p. 489-500, 1980.

GUIMARÃES, N. D. F.; GALLO, A. D. S.; FONTANETTI, A.; MENEGHIN, S. P.; DE SOUZA, M. D.; MORINIGO, K. P.; DA SILVA, R. F. Biomassa e atividade microbiana do solo em diferentes sistemas de cultivo do cafeeiro. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 1, p. 34-44, 2017.

HERMES, E. C. K.; NUNES, J.; NUNES, J. V. D. Influência do bioestimulante no enraizamento e produtividade da soja. **Revista Cultivando o Saber**, v. 4, n. 2, ed. Especial, p. 35-45, 2015.

HOFFMANN, R. B.; MOREIRA, É. E. A.; DA SILVA HOFFMANN, G. S.; DE ARAÚJO, N. S. F. Efeito do manejo do solo no carbono da biomassa microbiana. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 1, n. 1, p. 168-178, 2018.

IGIEHON, N. O.; BABALOLA, O. O. Biofertilizers and sustainable agriculture: exploring arbuscular mycorrhizal fungi. **Applied microbiology and biotechnology**, v. 101, n. 12, p. 4871-4881, 2017.

ISLAM, K. R.; WEILL, R. R. Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh. **Agricultural Ecosystems and Environment**, v. 79, n. 1, p. 9-16, 2000.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A. A.; SANTOS, J. B.; VIVIAN, R. Qualidade da camada superficial de solo sob mata, pastagens e áreas cultivadas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 38, n. 7, p. 118-127, 2008.

JENKINSON, D. S.; POWLSON, D. S. The effects of biocidal on metabolism in soil: V. Method for measuring soil biomass. **Soil Biology and Biochemistry**, v.8, n. 3, p. 209-213, 1976.

JOHANSSON, J. F.; PAUL, L. R.; FINLAY, R. D. Microbial interactions in the mycorrhizosphere and their significance for sustainable agriculture. **FEMS Microbiology Ecology**, v. 48, n. 1, p. 1-13, 2004.

KENNEDY, A. C.; SMITH, K. L. Soil microbial diversity and the sustainability of agricultural soils. **Plant and soil**, v. 170, n. 1, p. 75-86, 1995.

KLAHOLD, C. A. **Resposta da soja (*Glycine max* (L.) Merrill a ação de bioestimulante**. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Marechal Cândido Rondon, 2005. 37 p.

KRZYŻANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, A. A. A alta qualidade da semente de soja: fator importante para a produção da cultura. **Embrapa Soja**, Circular Técnica n. 136, Londrina, PR, 2018, 25 p.

LEE, K. S.; CHOE, Y. C. Environmental performance of organic farming: Evidence from Korean small-holder soybean production. **Journal of Cleaner Production**, v. 211, n. 32, p. 742-748, 2019.

LES, N.; HENNEBERG, L.; NADAL, V. G. R.; MULLER, M.; SZEMOCOWIAKI, A. G.; CARNEIRO, F. T.; SOUZA JACCOUD FILHO, D. Controle de *Rhizoctonia solani* com produtos biológicos no tratamento de sementes na cultura da soja. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 12, p. 99919-99935, 2020.

LOKKO, Y.; HEIJDE, M.; SCHEBESTA, K.; SCHOLTÈS, P.; VAN MONTAGU, M.; GIACCA, M. Biotechnology and the bioeconomy—Towards inclusive and sustainable industrial development. **New biotechnology**, v. 40, n. 9, p. 5-10, 2018.

LONDERO, R.; DE OLIVEIRA, R. B.; DO NASCIMENTO, J. M.; ARCOVERDE, S. N. S.; SEGRETTI, M. L. Dependência espacial da fertilidade do solo sob plantio direto e suas relações com a produtividade da soja. **Caderno de Ciências Agrárias**, v. 12, n. 2, p. 1-8, 2020.

MACHADO, B.; QUEIROZ, S. É. Efeito do tratamento de sementes de soja com silício e polímero na qualidade fisiológica das sementes e nas características agrônômicas. **Enciclopédia Biosfera**, v. 15, n. 27, p. 1576-1583, 2018.

MANTELI, C.; DA ROSA, G. M.; CARNEIRO, L. V.; POSSENTI, J. C.; STEFENI, A. R.; SCHNEIDER, F. L. Inoculação e coinoculação de sementes no desenvolvimento e produtividade da cultura da soja. **Revista Cultivando o Saber**, v. 12, n. 2, p. 1-11, 2019.

MARQUES, J. D. O.; LUIZÃO, F. J.; TEIXEIRA, W. G.; SARRAZIN, M.; FERREIRA, S. J. F.; BELDINI, T. P.; MARQUES, E. M. A. Distribution of organic carbon in different soil fractions in ecosystems of central Amazonia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 1, p. 232-242, 2015.

MARRONE, P. G. Pesticidal natural products—status and future potential. **Pest management science**, v. 75, n. 9, p. 2325-2340, 2019.

MARTINS, A. K. Q. **Biomassa e atividade microbiana como indicadores de qualidade de um solo sob diferentes sistemas de cultivo de café**. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, BA, 2020. 89 p.

MEDEIROS B, M.; WANDERLEY, P. A.; WANDERLEY, M. J. A. Biofertilizantes líquidos. **Revista Biotecnologia, Ciência & Desenvolvimento**, v. 31, n. 2, p. 38- 44, 2003.

MEDEIROS, T. S.; GOMES, A. R. M. G.; ALVES, M. P. B.; DE SOUSA MARCELINO, A.; DE MATOS SANTOS, D.; GIONGO, A. M. M.; DA COSTA, A.

R. Produção de rabanete (*Raphanus sativus* L.) cultivado sob níveis de esterco bovino e respiração basal do solo. **Brazilian Applied Science Review**, v. 3, n. 2, p. 1348-1357. 2019.

MERCANTE, F. M.; SILVA, R. F.; FRANCELINO, C. S. F.; CAVALHEIRO, J. C. T.; OTSUBO, A. A. Biomassa microbiana, em um Argissolo Vermelho, em diferentes coberturas vegetais, em área cultivada com mandioca. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 34, n. 7, p. 479-485, 2008.

MULVANEY, M. J.; WOOD, C. W.; BALKCOM, K. S.; SHANNON, D. A.; KEMBLE, J. M. Carbon and nitrogen mineralization and persistence of organic residues under conservation and conventional tillage. **Agronomy Journal**, v. 102, n. 61, p. 1425-1433, 2010.

NELSON, D.W; SOMMERS, L. E. Total carbon, organic carbon and organic matter. In: PAGE, A. L.; MILLER, R. H.; KEENEY, D. R., eds. Methods of soil analysis: Chemical and microbiological properties. Part 2. Madison, **Soil Science Society of America**, p. 539-579, 1982.

NIEMEYER, J. C.; LOLATA, G. B.; CARVALHO, G. M.; SILVA, E. M.; SOUSA, J. P.; NOGUEIRA, M. A. Microbial indicators of soil health as tools for ecological risk assessment of a metal contaminated site in Brazil. **Applied Soil Ecology**, v. 59, n. 23, p. 96-105, 2012.

NOVAK, E.; CARVALHO, L. A.; SANTIAGO, E. F.; BRUMATTI, A. V.; SANTOS, L. L.; SALES, L. C. Variação temporal dos atributos microbiológicos do solo sob diferentes usos. **Revista de Ciências Agrárias**, n. 41, v. 3, p. 603-611, 2018.

NUNES, L. A. P. L.; ARAÚJO FILHO, J. A.; HOLANDA JUNIOR, E. V.; MENEZES, R. Í. Q. Impacto da queimada e de enleiramento de resíduos orgânicos em atributos biológicos de solo sob caatinga no semiárido nordestino. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 3, p. 131-140, 2009.

OEHL, F.; LACZKO, E.; OBERHOLZER, H. R.; JANSKA, J.; EGLI, S. Diversity and biogeography of arbuscular mycorrhizal fungi in agricultural soils. **Biology and Fertility of Soils**, v. 53, n. 7, p. 777-797, 2017.

OLIVEIRA FILHO, F. G. **Uso de isolados e produto biológico comercial de *Trichoderma spp.* na promoção de crescimento de plantas na fase inicial cultura da soja**. Trabalho de Conclusão de curso – UniEVANGÉLICA, Anápolis, 2019. 34 p.

PADILHA, K. D. M.; FREIRE, M. B. G. D. S.; DUDA, G. P.; SANTOS, U. J. D.; SILVA, A. O.; SOUZA, E. R. D. Indicadores biológicos de dois solos com a incorporação de subproduto da agroindústria de café. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 11, p. 1377-1386, 2014.

PHILLIPS, J. M.; HAYMAN, D. S. Procedimentos aprimorados para limpeza de raízes e coloração de fungos micorrízicos parasitas e vesicular-arbusculares para avaliação rápida de infecção. **Transactions of the British mycological Society**, v. 55, n. 1, p. 158-161, 1970.

PICCININ, G. G.; BRACCINI, A. L.; DE MORAIS DAN, L. G.; BAZO, G. L.; DA SILVA LIMA, L. H. Influência do armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas com inseticidas. **Ambiência**, v. 9, n. 2, p. 289-298, 2013.

PIVETTA, L. A.; CASTOLDI, G.; SANTOS, G. P. D.; ROSOLEM, C. A. Crescimento e atividade de raízes de soja em função do sistema de produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 7, p. 1547-1554, 2011.

PIZZANI, R.; SCHAEFER, P. E.; DELOSS, J.; PELIZZON, M.; ALELUIA, D. A. Atividade microbiana e indicadores microbiológicos em LATOSSOLO Vermelho sob diferentes sistemas de manejo. **Enciclopédia biosfera**, v. 15, n. 28, 2018. 139 p.

PLOCHER. **Integral Plocher Technology**, Meersburg, Germany, 13 de maio de 2017. Disponível em: <https://www.plocher-international.com>. Acesso em: 12 de junho de 2020.

PRAGANA, R. B.; NÓBREGA, R. S. A.; RIBEIRO, M. R.; LUSTOSA FILHO, J. F. Atributos biológicos e dinâmica da matéria orgânica em Latossolos Amarelos na região do Cerrado piauiense sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 8, p. 851-858, 2012.

PRIETO, C. A.; ALVAREZ, J. W. R.; FIGUEREDO, J. C. K.; TRINIDAD, S. A. Bioestimulante, biofertilizante e inoculação de sementes no crescimento e produtividade da soja. **Revista de Agricultura**, v. 4, n. 2, p. 1-8, 2017.

QUADROS, P. D.; ZHALNINA, K.; DAVIS-RICHARDSON, A. The Effect of Tillage System and Crop Rotation on Soil Microbial Diversity and Composition in a Subtropical Acrisol. **Diversity**, v. 4, n. 4, p. 375-395, 2012.

RATKE, R. F.; SILVA RODRIGUES, T.; CARDOSO, A. A.; FRAZÃO, J. J.; BRASIL, E. P. F.; ZUFFO, A. M. Propriedades químicas do solo e morfologia radicular da soja sob aplicação de diferentes granulometrias de calcário. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 14, n. 2, p. 8234-8234, 2021.

RHEINHEIMER, D. D.; SANTOS, E. J. S.; KAMINSKI, J.; BORTOLUZZI, E. C.; GATIBONI, L. C. Alterações de atributos do solo pela calagem superficial e incorporada a partir de pastagem natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 4, p. 797-805, 2000.

RODRIGUES, C. Y. A. C. **Ação do bioestimulante (FH Attivus) na mitigação do estresse hídrico em diferentes estádios da soja**. Trabalho de conclusão de curso – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020. 37 p.

RUWER, P. H. **Efeito de substâncias húmicas na produtividade da soja**. Dissertação (mestrado) – Universidade de Cruz Alta, Cruz Alta, 2020. 41 p.

SAADOON, S. M.; JABBAR, A. S.; GAD, S. B. efficiency of using magnetized water in improving meloidogyne incognita control by three concentration of *aloe vera* extract on cucumber plant. **Plant Archives**, v. 19, n. 1, p. 721-727, 2019.

SALES, A.; SILVA, A. R.; VELOSO, C. A. C.; CARVALHO, E. J. M.; MIRANDA, B. M. Carbono orgânico e atributos físicos do solo sob manejo agropecuário sustentável na Amazônia Legal. **Embrapa Amazônia Oriental-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, v. 14, n. 1, p. 01-15, 2018.

SANTOS, S. L. D. **Associação de inoculantes bacterianos e micorrizico na soja orgânica e convencional**. Dissertação (mestrado), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, PR, 2020. 49 p.

SAUVADET, M.; MEERSCHKE, K. V.; ALLINNE, C.; GAY, F.; FILHO, E. M.; CHAUVAT, M.; BERQUER, T.; TIXIER, P.; MICHEL-HARMAND, J. Shade trees have higher impact on soil nutrient availability and food web in organic than conventional coffee agroforestry. **Science of the Total Environment**, v. 649, n. 82, p. 1065-1074, 2019.

SCHMIDT, C. A. P.; TAYANO, P. D.; DOS SANTOS, J. A. A.; MARUJO, L.; DE PROENÇA, G. G. Previsões estatísticas com base em séries temporais da cultura da soja no Brasil. **Revista Técnico-Científica**, v. 12, n. 5, ed. 24, 2020. 17 p.

SCHNEIDER, R. J.; OLIGINI, K. F.; DETONI, M. J.; BATISTA, V. V.; SARTOR, L. R. Crescimento e produtividade da soja em resposta ao uso de inoculantes, consórcio e nitrogênio foliar. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 17, n. 4, p. 456-464, 2018.

SHAMS, A. S. Effect of silver nano-particles and mycorrhizae symbiosis on the development of artichoke. **International Journal of Agricultural Science and Research**, v. 4, n. 5, p. 27-36, 2014.

SILVA, M. B. D.; KLIEMANN, H. J.; SILVEIRA, P. M. D.; LANNA, A. C. Atributos biológicos do solo sob influência da cobertura vegetal e do sistema de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 2, p. 1755-1761, 2007.

SILVA, R. R. D.; SILVA, M. L. N.; CARDOSO, E. L.; MOREIRA, F. M. D. S.; CURTI, N.; ALIVISI, A. M. T. Biomassa e atividade microbiana em solos sob diferentes sistemas de manejo na região fisiográfica campos das vertentes - MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 7, p. 1585-1592, 2010.

SILVA, C. F. D.; PEREIRA, M. G.; MIGUEL, D. L.; FEITORA, J. C. F.; LOSS, A.; MENEZES, C. E. G.; SILVA, E. M. R. D. Carbono orgânico total, biomassa microbiana e atividade enzimática do solo de áreas agrícolas, florestais e pastagem no médio Vale do Paraíba do Sul (RJ). **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 36, n. 13, p. 1680-1689, 2011.

SIMEPAR. Sistema de tecnologia e monitoramento ambiental do Paraná. **Boletim Climático**. Centro Politécnico da UFPR, Curitiba, Paraná, 2020. Disponível em: http://www.simepar.br/prognozweb/simepar/timeline/boletim_climatologico. Acesso em: 05 de junho de 2021.

SOSA-HERNÁNDEZ, M. A.; LEIFHEIT, E. F.; INGRAFFIA, R.; RILLIG, M. C. Subsoil arbuscular mycorrhizal fungi for sustainability and climate-smart agriculture: A solution right under our feet? **Frontiers in microbiology**, v. 10, n. 3, 2019. 744 p.

SOUSA, V. O.; PEREIRA, R. M.; TOMÁZ, R. G.; SILVA, G. P.; DE ALMEIDA JUNIOR, J. J.; RIBEIRO, D. O.; LEAL, A. B. A influência do tempo após o tratamento de sementes de soja sobre a sua germinação em Mineiros–Goiás. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 44683-44692, 2020.

SOUZA, E. D. D.; COSTA, S. E. V. G. D. A.; LIMA, C. V. S. D.; ANGHINONI, I., MEURER, E. J.; CARVALHO, P. C. D. F. Carbono orgânico e fósforo microbiano em sistema de integração agricultura-pecuária submetido a diferentes intensidades de pastejo em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 5, p. 1273-1282, 2006.

SOUZA, F. A.; SCHLEMPER, T. R.; STÜRMER, S. A importância da tecnologia de inoculação de fungos micorrízicos para a sustentabilidade na olericultura. **Embrapa Milho e Sorgo-Capítulo em livro científico (ALICE)**, v. 3, n. 1, 2017. 30 p.

TATTO, L.; KULCZYNSKI, S. M.; BELLÉ, C.; MORIN, D.; RUBIN, F. M.; ULIANA, M. P. Desempenho de sementes de soja tratadas com bioestimulante sob diferentes condições de potencial osmótico. **Revista Eletrônica Científica Da UERGS**, v. 4, n. 3, p. 397-408, 2018.

TEJO, D. P.; FERNANDES, C. H. dos S.; BURATTO, J. S. Soja: Fenologia, morfologia e fatores que interferem na produtividade. **Revista Científica Eletrônica de XIX da FAEF**, v. 35, n.1, 2019. 12 p.

TRIVEDI, P.; DELGADO-BAQUERIZO, M.; JEFFRIES, T. C.; TRIVEDI, C.; ANDERSON, I. C.; LAI, K.; SINGH, B. K. Soil aggregation and associated microbial communities modify the impact of agricultural management on carbon content. **Environmental microbiology**, v. 19, n. 8, p. 3070-3086, 2017.

TUCHER, S. V.; HÖRNDL, D.; SCHMIDHALTER, U. Interaction of soil pH and phosphorus efficacy: Long-term effects of P fertilizer and lime applications on wheat, barley, and sugar beet. **Ambio**, v. 47, n. 1, p. 41-49, 2018.

TURBÉ, A.; DE TONI, A.; BENITO, P.; LAVELLE, P.; LAVELLE, P.; RUIZ, N.; VAN DER PUTTEN, W. H.; LABOUZE, E.; MUDGAL, S. Soil biodiversity: functions, threats and tools for policy makers. **Bio Intelligence Service**, v. 8, n. 3, 2010. 15 p.

VESSEY, J. K.; BUSS, T. J. *Bacillus cereus* inoculation effects on growth, nodulation, and N accumulation in grain legumes. Controlled-environment studies. **Can. J. Plant Sci.** v. 82, n. 5, p. 282–290, 2002.

VIEIRA, G. D.; CASTILHOS, D. D.; CASTILHOS, R. M. V. Atributos microbianos do solo após a adição de lodo anaeróbico da estação de tratamento de efluentes de parboilização do arroz. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 35, n. 543, 2011. 550 p.

VILLANI, F. T.; GYOVANNI, R. A. A.; VILLANI E. M. A.; TEIXEIRA, W. G.; MOREIRA, F. M. S.; MILLER, R.; ALFAIA, S. S. Microbial Carbon, Mineral-N and Soil Nutrients in Indigenous Agroforestry Systems and Other Land Use in the upper Solimões Region, Western Amazonas State, Brazil. **Agricultural Sciences**, v. 8, p. 657-674, 2017.

YADA, M. M.; MINGOTTE, F. L. C.; MELO, W. J.; MELO, G. P.; MELO, V. P.; LONGO, R. M.; RIBEIRO, A. I. Atributos Químicos e Bioquímicos em Solos Degradados por Mineração de Estanho e em Fase de Recuperação em Ecossistema Amazônico. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 39, n. 12, p. 714-724, 2015.

ZHANG, C.; LIU, G.; XUE, S.; SONG, Z. Rhizosphere soil microbial activity under different vegetation types on the Loess Plateau, **Geoderma**, v. 161, n. 32, p. 115-125, 2011.

ZHANG, S.; LEHMANN, A.; ZHENG, W.; YOU, Z.; RILLIG, M. C. Arbuscular mycorrhizal fungi increase grain yield: a meta-analysis. **New Phytologist**, v. 222, n. 1, p. 543-555, 2019.