

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CAMPUS DE FREDERICO WESTPHALEN
DEPARTAMENTO ENGENHARIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

Thais Carminatti

**EFEITO DA APLICAÇÃO DE SORO DE LEITE NAS CARACTERÍSTICAS
QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS DE SOLOS**

Frederico Westphalen, RS

2020

Thais Carminatti

**EFEITO DA APLICAÇÃO DE SORO DE LEITE NAS CARACTERÍSTICAS
QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS DE SOLOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS) como requisito para obtenção do grau de **Engenheira Ambiental e Sanitarista**.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Marcia Matsuoka Rosa

Frederico Westphalen, RS

2020

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida, por ter iluminado o meu caminho desde o início, e por ter me proporcionado chegar até aqui. Obrigada Senhor!

Aos meus pais Flaviana e Nerino que são meu porto seguro e que em todos os momentos estiveram comigo me apoiando.

A minha grande família, que sempre me alegraram, incentivaram e torceram por mim. Obrigada!

Aos professores do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, onde cada um deixou um pedacinho de conhecimento e contribuiu para a minha formação.

Agradeço em especial a professora Dr^a Márcia Matsuoka Rosa, que além de ser uma orientadora excelente, é uma pessoa incrível. Obrigada pelas cobranças, conselhos, elogios e o conhecimento que adquiri neste tempo de convívio. Muito Obrigada!

Aos colegas de laboratórios: Keli Luiza Bonissoni e Josias pela assistência fornecida para a realização das análises e coletas. Muito obrigada!

Aos mestrandos Giuvana Lazzaretti e Juliano de Oliveira Stumm pelo auxílio e explicações para a realização da análise estatística. Muito Obrigada!

A técnica de laboratório Fernanda Volpato, pelo auxílio durante a realização das análises.

Aos técnicos de laboratório Lucindo Somavilla e Marcela Torchelsen pela elaboração das análises químicas e auxílio nos laboratórios.

Ao Laticínios Edivavi por disponibilizar o soro de leite utilizado na pesquisa. Obrigada!

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a minha chegada até aqui. Muito Obrigada!!

RESUMO

EFEITO DA APLICAÇÃO DE SORO DE LEITE NAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS DE SOLOS

AUTORA: Thais Carminatti
ORIENTADORA: Marcia Matsuoka Rosa

Durante o processo de fabricação de queijo e derivados, alguns resíduos são gerados, dentre eles o soro de leite. Este resíduo é um líquido opaco com coloração verde-amarelada, altas concentrações de DBO e alto poder poluente. Assim, o conhecimento de alternativas para utilização do soro de leite e seus impactos no ambiente é de grande importância. Este estudo tem por objetivo avaliar o efeito de diferentes doses de soro de leite nas características químicas e microbiológicas do solo. Os tratamentos foram: a aplicação de quatro doses de soro de leite e um controle ($0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; $150 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ e em $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) em dois solos (alta e baixa fertilidade) com três repetições. Foram avaliadas as características químicas do solo através da determinação do pH, macro e micronutrientes, CTC e V%. As características microbiológicas avaliadas foram o carbono da biomassa microbiana, respiração basal do solo e a contagem de UFC de fungos e bactérias dos solos. A aplicação do soro de leite causou aumento nos teores de potássio e sódio, e redução nos teores de cálcio, magnésio e matéria orgânica do solo. A biomassa e respiração basal foram estimuladas com aplicação de soro de leite. A população de fungos e bactérias aumentou com as maiores doses de soro de leite aplicadas no solo de baixa fertilidade. Os indicadores microbiológicos se mostraram sensíveis ao demonstrar as alterações causadas devido à aplicação do resíduo.

Palavras chaves: Resíduos; Indicadores Microbiológicos; Microbiologia do solo.

ABSTRACT

EFFECT OF THE WHEY APPLICATION IN THE CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE SOIL

AUTHOR: Thais Carminatti
ADVISOR: Marcia Matsuoka Rosa

During the cheese and derivatives fabrication, some residues are added, the whey among them. This residue is an opaque liquid, with a yellowish green color, high concentration of BOD and high pollutant powder. Then, the knowledge of alternatives in the whey using and its impacts in the environment is of great importance. This study has as objective to evaluate the effect of different whey doses in the chemical and microbiological characteristics of a soil. The treatments were: the applications of four whey doses and a control ($0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; $150 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ e in $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) in two soils (high and low fertility) with three repetitions. It were evaluated the chemical characteristics of the soil through its pH determination, macro and micronutrients, CEC and V%. The microbiological characteristics evaluated were carbon from microbial biomass, basal soil breathing and the soil fungi and bacteria CFU. The whey application caused increase in the sodium and potassium contents, and the reduction of calcium, magnesium and organic matter contents of the soil. The biomass and the basal breathing were stimulated with whey application. The fungi and bacteria population increased with the biggest whey doses applied in the low fertility soil. The microbiological indicators showed themselves sensitive while demonstrating the changes caused due to the residue application.

Keywords: Residues; Microbiological Indicators; Soil Microbiology.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
1.1.	OBJETIVOS	10
1.1.1.	Objetivo Geral.....	10
1.1.2.	Objetivos Específicos.....	10
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
2.1.	GERAÇÃO DE SORO DE LEITE EM INDÚSTRIAS/AGROINDÚSTRIAS	12
2.2.	UTILIZAÇÃO DO SORO DE LEITE	12
2.3.	DISPOSIÇÃO DO SORO DE LEITE NO SOLO E OS IMPACTOS AMBIENTAIS	13
2.4.	QUALIDADE DO SOLO.....	14
2.5.	BIOINDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO	16
2.5.1.	Carbono da Biomassa Microbiana do Solo	17
2.5.2.	Respiração Basal	18
3.	METODOLOGIA	19
3.1.	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E APLICAÇÃO DE SORO DE LEITE	20
3.2.	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DO SORO DE LEITE.....	21
3.3.	CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS DO SOLO.....	22
3.3.1	Respiração Basal do Solo (RBS)	23
3.3.2	Quantificação de bactérias e fungos do solo (Contagem de Unidades formadoras de colônias (UFC) de bactérias e fungos)	24
3.3.3	Carbono Biomassa Microbiana do Solo (BMS-C)	25
3.4	CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO	26
3.5	ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS	27
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4.1	CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO	28
4.2	CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS DO SOLO	40
	CONCLUSÕES	49
	REFERÊNCIAS	50
	APÊNDICE A – MÉDIAS DO pH PARA SOLO DE ALTA E BAIXA FERTILIDADE COM E SEM A APLICAÇÃO DE DOSES DE SORO DE LEITE	56
	APÊNDICE B – MÉDIAS DO TEOR DE ALUMÍNIO PARA SOLO DE ALTA E BAIXA FERTILIDADE COM E SEM A APLICAÇÃO DE DOSES DE SORO DE LEITE.....	57
	APÊNDICE C – MÉDIAS DO TEOR DE FÓSFORO PARA SOLO DE ALTA E BAIXA FERTILIDADE COM E SEM A APLICAÇÃO DE DOSES DE SORO DE LEITE.....	58

APÊNDICE D – MÉDIAS DO TEOR DE POTÁSSIO PARA SOLO DE ALTA E BAIXA FERTILIDADE COM E SEM A APLICAÇÃO DE DOSES DE SORO DE LEITE.....	59
APÊNDICE E – MÉDIAS DO TEOR DE CÁLCIO PARA SOLO DE ALTA E BAIXA FERTILIDADE COM E SEM A APLICAÇÃO DE DOSES DE SORO DE LEITE	60
APÊNDICE F – MÉDIAS DO TEOR DE MAGNÉSIO PARA SOLO DE ALTA E BAIXA FERTILIDADE COM E SEM A APLICAÇÃO DE DOSES DE SORO DE LEITE.....	61
APÊNDICE G – MÉDIAS DO TEOR DE COBRE PARA SOLO DE ALTA E BAIXA FERTILIDADE COM E SEM A APLICAÇÃO DE DOSES DE SORO DE LEITE	62
APÊNDICE H – MÉDIAS DO TEOR DE ZINCO PARA SOLO DE ALTA E BAIXA FERTILIDADE COM E SEM A APLICAÇÃO DE DOSES DE SORO DE LEITE	63
APÊNDICE I – MÉDIAS DO TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA PARA SOLO DE ALTA E BAIXA FERTILIDADE COM E SEM A APLICAÇÃO DE DOSES DE SORO DE LEITE	64
APÊNDICE J – MÉDIAS DO TEOR DE SATURAÇÃO DE BASES PARA SOLO DE ALTA E BAIXA FERTILIDADE COM E SEM A APLICAÇÃO DE DOSES DE SORO DE LEITE	65
APÊNDICE K – MÉDIAS DO TEOR DE SÓDIO PARA SOLO DE ALTA E BAIXA FERTILIDADE COM E SEM A APLICAÇÃO DE DOSES DE SORO DE LEITE	66
APÊNDICE L – MÉDIAS DO CTC pH7,0 PARA SOLO DE ALTA E BAIXA FERTILIDADE COM E SEM A APLICAÇÃO DE DOSES DE SORO DE LEITE	67
APÊNDICE M – MÉDIAS DO CARBONO DA BIOMASSA MICROBIANA PARA SOLO DE ALTA E BAIXA FERTILIDADE COM E SEM A APLICAÇÃO DE DOSES DE SORO DE LEITE	68
APÊNDICE N – MÉDIAS UFC $\times 10^4$ DE BACTÉRIAS PARA SOLO DE ALTA E BAIXA FERTILIDADE COM E SEM A APLICAÇÃO DE DOSES DE SORO DE LEITE	69
APÊNDICE O – MÉDIAS UFC $\times 10^2$ DE FUNGOS PARA SOLO DE ALTA E BAIXA FERTILIDADE COM E SEM A APLICAÇÃO DE DOSES DE SORO DE LEITE	70
APÊNDICE P – MÉDIAS DA RESPIRAÇÃO BASAL PARA SOLO DE ALTA E BAIXA FERTILIDADE COM E SEM A APLICAÇÃO DE DOSES DE SORO DE LEITE.....	71

1 INTRODUÇÃO

A indústria de laticínios no Brasil é uma das mais importantes dentre os setores alimentícios. Em média 35% do leite gerado é designado a produção de queijos, onde seu principal subproduto é o soro de leite. Este resíduo apresenta extrema importância ambiental em função do enorme volume gerado: aproximadamente 9 litros de resíduo por quilograma de produto (SILVA; SIQUEIRA; NOGUEIRA, 2018).

Minas gerais ocupa a primeira posição, Paraná a segunda e o Rio Grande do Sul ocupa a terceira posição, dentre os estados brasileiros na produção de lácteos, sendo uma atividade predominantemente de pequenos produtores, contando com uma quantidade produzida de 756.433 mil litros no segundo trimestre de 2019, 13 % da produção nacional de 5.846.226 milhões de litros no mesmo trimestre (IBGE, 2019).

O soro de leite é composto por proteínas, lipídios, sais minerais e lactose. Este resíduo, se disposto de maneira inadequada no meio ambiente, apresenta alto poder poluente, uma vez que seu tratamento é dificultado em função da enorme carga orgânica, ou seja, a demanda bioquímica de oxigênio ocasionada pela existência da lactose, e de sua enorme produção diária por pequenos e grandes laticínios. (KHAMRUI et al., 2001).

A disposição inadequada do soro de leite é uma grande problemática atualmente em função da alta carga orgânica, podendo ser até 100 vezes maior que a do esgoto doméstico. Sendo que, quando não é possível sua utilização na alimentação humana e animal, é na maioria das vezes, descartado nos cursos d'água e diretamente no solo, causando modificações nas características do solo, da água e do ar. Isso ocorre principalmente, em pequenos laticínios, que não realizam tratamento adequado para a sua disposição, os custos podem ser elevados, além da falta de estrutura, técnicas acessíveis e muitas vezes a falta de informação adequada contribuem para esse cenário (FARRO ; VIOTTO, 2003; KNIPSCHILDT ; ANDERSEN, 1994; MADRID et al., 1995).

A questão ambiental referente a pequenos e médios laticínios é preocupante, devido ao seu crescente aumento de empreendimentos no estado e principalmente pela má destinação do seu subproduto. Assim, percebe-se o quão importante é monitorar o solo que esteve em contato com o soro de leite, dando a ele sua correta destinação e tratamento. Neste sentido, os microrganismos são indicadores importantíssimos a fim de perceber as mínimas alterações que ocorrem no ambiente, aliado às características químicas, que irão contribuir para a avaliação da

situação em que o solo se encontra, em termos de qualidade ou contaminação, com o intuito de mitigar e até mesmo eliminar os futuros impactos ao meio (BECKER, 2013; KUWANO, 2013).

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

Avaliar o efeito da aplicação de diferentes doses de soro de leite nas características químicas e microbiológicas de solos de alta e baixa fertilidade.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Determinar as características químicas e microbiológicas de dois solos com a aplicação de diferentes doses de soro de leite;
- Verificar alterações ocorridas nas características químicas e microbiológicas dos solos em decorrências da aplicação de diferentes doses de soro de leite;
- Avaliar a influência da fertilidade do solo nos impactos decorrentes da aplicação de diferentes doses de soro de leite e;
- Estimular os estudos e discussões sobre o impacto da aplicação de diferentes doses de soro de leite na qualidade do solo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A contaminação do meio ambiente causada pelo setor industrial, gerado em seus processos produtivos, é considerado um dos problemas mais críticos e preocupantes, sendo merecedores de atenção especial e estudos, para que ocorra a minimização dos impactos ambientais gerados. O processo produtivo industrial requer de grandes quantidades de recursos, entre eles naturais como matéria-prima e humano para a mão de obra, sendo que este gera resíduos de diversos tipos e quantidades excessivas, os quais se dispostos de maneira inadequada e sem o devido tratamento, podem poluir o solo, água e ar, ocasionando diversos problemas ambientais e perda de qualidade de vida (OLIVEIRA, 2006).

As indústrias consideradas de médio e grande porte são grandes causadoras de impactos ambientais. Sendo merecedoras de atenção especial desde órgãos ambientais até a sociedade em geral, independente de seu tamanho irá gerar resíduos, onde este pode ser prejudicial ao meio ambiente, uma vez que a cada litro de leite processado pode gerar de 0,5 a 2 litros de efluente, podendo variar de acordo com o programa de prevenção e controle de perdas (OLIVEIRA, 2006).

Neste sentido, inserem-se as indústrias de laticínios no Brasil, devido aos seus produtos terem altos valores nutricionais e serem grandes geradores de renda e empregos na área rural e urbana (LIMA; PEREZ, 2017). Os laticínios são classificados por porte de acordo com a capacidade de processamento de leite por dia, como observa-se no quadro 1 abaixo:

Quadro 1 – Porte das Indústrias de Laticínios por Capacidade de processamento.

Parâmetro	Microempresa	Pequena Empresa	Média Empresa	Grande Empresa
Capacidade de processamento (L/dia)	11.736	74.610	172.917	783.333

Fonte: Adaptado (LIMA; PEREZ, 2017)

A grande problemática de pequenas e médias empresas de laticínios é o lançamento indevido de soro de leite no solo, por falta de tratamento em função de seu alto custo, o qual ocasiona mudanças significativas nas características físicas, químicas e biológicas do solo, água e ar, poluindo e, ou contaminando o meio. Por isso, é de extrema importância, a pesquisa por

métodos de reciclagem deste coproduto economicamente viáveis, diminuindo o impacto ambiental e até mesmo fazendo sua reutilização dentro de processos dentro da indústria (ANA, 2006).

2.1. GERAÇÃO DE SORO DE LEITE EM INDÚSTRIAS/AGROINDÚSTRIAS

Além do soro de leite, há diversas fontes de efluentes líquidos provenientes de uma indústria de laticínios, como por exemplo, a água utilizada para a limpeza, perda de leite, vazamento no transporte e erros em processos operacionais. Tais efluentes contém alta biodegradabilidade, porém, seu tratamento não é simples em função da elevada carga orgânica, deficiência de nitrogênio e elevadas variações das composições químicas e nos fluxos. (BRAILE; CAVALCANTI, 1979; DANALEWICH et al., 1995; ERGUDER et al., 2001).

O soro de leite é a fase aquosa, opaca e de cor verde-amarelada, sendo esta obtida por meio da produção de queijo, onde ocorre a coagulação do leite por ácido ou enzimas proteolíticas. Sua composição varia de acordo com a variedade de queijo ou caseína produzida. O soro contém quase a metade dos nutrientes originais do leite, sendo rico em componentes não caseicos do leite como, proteínas do soro, vitaminas hidrossolúveis, minerais e lactose, não tendo grandes quantidades de lipídios ou vitaminas lipossolúveis. O soro de leite contém 20% das proteínas encontradas no leite. Deste montante, as proteínas mais abundantes são a β -lactoglobulina (50%), α -lactoalbumina (12%), imunoglobulinas (10%), albuminas (5%) e peptonas (0,23%) (SISO, 1996).

2.2. UTILIZAÇÃO DO SORO DE LEITE

Há diversas formas para o aproveitamento do soro de leite, por meio de sua fermentação, obtendo a ricota e outros queijos, bebidas lácteas e nutricionais, ração animal, soro concentrado e em pó, concentrado proteico, lactose e caseína, sendo estes apenas em grandes laticínios e em pequenas quantidades por ter alto teor de sais, o qual se torna um grande problema ambiental e por ser prejudicial para a produção de alimentos. Outra alternativa, é aproveitar a lactose do soro de leite, como alimento para as leveduras que produzem etanol. Para reduzir a sua carga poluidora o soro pode ser fermentado, assim produzindo biogás e biomassa, utilizando estes como fonte de energia (RÉVILLION et al., 2000; SHREVE ; BRINK, 1977).

O soro de leite por ser um grande poluidor ambiental, se torna um enorme problema, pelo fato de existirem muitas indústrias e este mercado ser continuamente crescente, com poucas soluções simples e economicamente viáveis. Contudo, em função de sua composição pode ser utilizado como substrato para a produção de biossurfactante, pelos altos níveis de lactose, proteína, ácidos orgânicos, vitaminas ou utilizado como fonte de carbono pelos microrganismos. (OTTO; REGHIN, 1999; JOSHI et al., 2008; RODRIGUES et al., 2006).

2.3. DISPOSIÇÃO DO SORO DE LEITE NO SOLO E OS IMPACTOS AMBIENTAIS

A disposição do soro de leite se dá por meio do lançamento em terrenos dedicados à agricultura e pastagens, bombeamento até um curso d'água, para tratamento em lagoas ou em sistemas de tratamento de efluentes (KOSIKOWSKI, 1979).

Em função da elevada carga orgânica (DBO de 30000 a 60000 mg/L) proveniente do soro de leite, este pode ocasionar graves problemas ambientais. Sendo que, estes problemas se dão em função dos pequenos laticínios, que descartam indevidamente o soro de leite diretamente no solo, rios, rede de coleta de esgoto sem o mínimo de tratamento desejável, pelo fato de não ser economicamente e estruturalmente viável a instalação de equipamentos de alta tecnologia, sendo que estes necessitam de uma quantidade mínima de soro para seu bom funcionamento, quantidade esta que varia de acordo com o porte da indústria (COWAN ; HO, 1987; MADRID et al, 1995; PONSANO ; CASTRO-GÓMES , 1995).

A disposição inadequada do soro de leite promove o desenvolvimento de biomassa, causando assim o esgotamento de oxigênio dissolvido em água, ocasionando em grandes impactos ambientais (SILVA, 2012). Uma solução seria juntar diversos laticínios próximos, para que deste modo seja possível realizar um tratamento adequado podendo reduzir a DBO de 70 a 90%, ou utilizar para alimentação animal como suínos e bovinos (COWAN; HO, 1987; MADRID et al, 1995; PONSANO; CASTRO-GÓMES, 1995).

Um dos principais problemas da produção de queijo é a geração do soro de leite, que é um grande poluidor. Percebe-se que o volume que é produzido é enorme e o tratamento mais caro ainda, por esse fato, o descarte se torna preocupante, em função dos impactos ambientais resultantes (KHAMRUI; PAL; RAJORHIA, 2001; KNIPSCHILDT; ANDERSEN, 1940).

O descarte inadequado de enormes quantidades de soro de leite além de ser um crime ambiental, é também um problema social e econômico ao rejeitar um alimento que poderia ser

reutilizado para diversos outros processos, desde a alimentação humana quanto animal, assim amenizando significativamente os custos do tratamento (RICHARDS, 1997; SANTOS; FERREIRA, 2001).

Também é possível utilizar o soro de leite como fertilizante, em função dos nutrientes que ele possui, e a inexistência de compostos indesejáveis na sua composição. Por isso, é de extrema importância a realização de estudo de alternativas de utilização do soro de leite.

Levando em consideração seus altos preços no mercado, será extremamente viável, se utilizado para a agricultura, atuando como condicionador do solo e nutrientes para as plantas cultivadas e, para os laticínios será mais barato e eficiente para eliminar de maneira correta o resíduo sem causar graves problemas.

O soro do leite ao ser aplicado de maneira adequada, em concentrações corretas em pastagens e culturas agrícolas, promove aumento na produção e evita impactos ambientais, dispondo adequadamente o soro e ainda reutilizando o soro de leite, se tornando assim autossustentável, uma vez que quando aplicado no solo, parte dos elementos retorna em forma de gases, outra é imobilizada pelos microrganismos que irão decompô-la, e outra será disponibilizada para as plantas e que uma mínima quantidade pode ser lixiviada. (BRADY ; WELL, 2002; MANTOVANI et al., 2015; MELO, 2007; PARKIN ; MARSHALL, 1976)

2.4. QUALIDADE DO SOLO

O solo é um ambiente complexo, dinâmico e heterogêneo, em função das inúmeras interações, o tipo de manejo adotado e da estruturação de seu material original. São inúmeros tipos de solo, sendo formados por diversas quantidades e variedades de minerais, matéria orgânica, ar e microrganismos vivos. Tendo funções importantíssimas, tais como, a produção de alimentos, conservação do ciclo da água, dos nutrientes e dos patrimônios, garantindo habitat dos seres vivos e a devida proteção da água subterrânea (BINELO, 2015; CETESB, 2015).

Dadas a qualidade do solo, de acordo com Carneiro et al. (2013), define-se por quão bom será o funcionamento de determinado solo, seja ele manuseado ou nativo, a fim de garantir produtividade de plantas e animais, assegurar ou até mesmo acrescer melhoras na qualidade da água e do ar, visando a qualidade de vida do homem. A qualidade do solo irá depender do tipo

de manejo utilizado para saciar as necessidades dos seres vivos, de sua composição, estrutura e quais ações antrópicas designadas, em que extensão e frequência (FACCI, 2008).

Segundo Araújo (2012), a qualidade do solo é uma característica difícil de ser determinada, pelo fato de que, é dependente de inúmeros fatores, os quais podem ter inúmeras variações, conforme seu manejo, clima, organismos, plantios, estrutura, composição, intervenção humana, entre outros. Ou seja, define-se a qualidade do solo, conforme sua capacidade para uma atividade específica.

A degradação ambiental tem se tornado um assunto importante, impulsionando a busca por indicadores para avaliar a qualidade do solo, analisando um ecossistema e quais práticas são mais eficientes para a recuperação do solo. (SANTOS; MAIA, 2013). Os indicadores da qualidade do solo são divididos em físicos, químicos e biológicos. Os indicadores físicos e químicos, segundo Gomes e Filizola (2006) são compostos por tais características:

Indicadores Físicos:

- Textura: Ser indicadora da distribuição das partículas sólidas referente ao solo, ou seja, irá determina seu tamanho, se é areia, silte ou argila, assim de acordo com a textura irá influencia os processos erosivos do solo, e estes podendo alterá-la;
- Estrutura: Avalia a agregação, distribuição de tamanhos dos agregados e a porosidade;
- Compactação: Determina qual a resistência referente à penetração;
- Profundidade de Enraizamento: Indica a produtividade do solo;
- Capacidade de água disponível: Capacidade de campo, ou seja, a capacidade ou reserva de água que o solo retém;
- Percolação: Capacidade que o solo tem em receber água em sua superfície e transmiti-la pelo perfil.

Indicadores Químicos:

- pH: Determina se o solo é ácido, neutro ou básico, e controla a solubilidade de nutrientes no solo, influenciando sua absorção pelas plantas;
- Carbono Orgânico: Influencia na estrutura do solo, disponibilidade de água e no poder de tamponamento, existindo o carbono orgânico total e carbono orgânico ativo ou carbono da biomassa;

- Capacidade de troca de cátions efetiva (CTC efetiva): define-se pela quantidade total de cátions os quais serão retidos das argilas ou colóides minerais ou orgânicos presentes no solo;
- Nutrientes: Determina o nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, denominados macroelementos;
- Condutividade: Indicador de salinidade do solo.

Os indicadores biológicos estão sendo constantemente utilizados, pelo fato de serem sensíveis a fim de realizar uma análise pontual da qualidade do solo, podendo determinar, desde o estresse ecológico até aos processos de restauração em quaisquer ambientes (naturais e agroecossistemas). Sendo que, os bioindicadores mais usuais são: o carbono da biomassa microbiana, respiração basal, quociente metabólico, quociente microbiano e as enzimas do solo (SANTOS; MAIA, 2013).

A escolha dos bioindicadores é de grande importância, devendo-se considerar diversos critérios, tais como, ter capacidade de responder de forma rápida e precisa, ter sensibilidade às variações de clima e manejo, possuir processo de avaliação, ser viável, úteis para demonstrar o processo de funcionamento do ecossistema, a fim de obter os melhores resultados, ocasionado em melhores soluções (ZILLI et al., 2003).

A qualidade do solo sofre forte influência por processos decorrentes de microrganismos, sendo estes de enorme potencial para tomarem o papel de indicadores biológicos, pois tem maior rapidez na detecção de uma degradação ou de uma melhoria qualidade do solo. São promissores, pois conseguem determinar tanto efeitos positivos quanto negativos sobre a qualidade do solo e a agricultura sustentável (CUNHA et al., 2011).

2.5. BIOINDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO

Os bioindicadores da qualidade do solo tem função de indicar a capacidade e as condições que o solo está desempenhando. Sendo estes eficazes, por obterem rápidas respostas, apresentando tal como é o funcionamento do ecossistema, apontando aspectos positivos e negativos e por se adequarem às mudanças decorrentes do solo avaliado (FACCI, 2008; ZILLI, 2003).

Os microrganismos presentes no solo já foram muito ignorados, porém nota-se a sua importância para o bom funcionamento do ecossistema e ao mesmo tempo indicadores de possíveis perturbações, uma vez que respondem mais rapidamente que os demais indicadores químicos e físicos, deste modo podendo avaliar a estabilidade do sistema antes mesmo do agravamento do problema (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007; SCHMITZ, 2003).

O indicador mais apropriado irá depender diretamente do objetivo da avaliação. Por isso, a escolha adequada do indicador é de extrema importância, pois as alterações ocasionadas na atividade microbiana e população são capazes de ocasionar modificações nas características físicas e químicas do solo, resultando em melhorias ou na piora, até mesmo uma possível degradação da qualidade do solo (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007; SCHMITZ, 2003).

2.5.1. Carbono da Biomassa Microbiana do Solo

O carbono da biomassa microbiana do solo (CBMS) é a porção viva que compõem a matéria orgânica do solo, sendo composta pela microfauna, ou seja, possuidores de volume menor que $5 \times 10^3 \mu\text{m}^3$, como por exemplo, as bactérias, fungos, protozoários, algas e actinomicetos (ARAÚJO et al., 2012; BINELO, 2015).

Para estimá-la são utilizados métodos como a fumigação-incubação, a fumigação-extração e a irradiação-extração. Sendo a mais utilizada a fumigação em função da sua rápida avaliação em comparação com os outros métodos e à independência em relação ao estado fisiológico da população microbiana do solo. Sendo que, o teor de carbono da biomassa microbiana pode indicar a disponibilidade de nutrientes, relacionando-os à qualidade do solo e produtividade, energia armazenada para processos microbianos (SANTOS; MAIA, 2013).

A biomassa microbiana é de suma importância, uma vez que, ela atua desde a decomposição até o acúmulo da matéria orgânica e transformações de minerais. Formando reservas de N, P e S, os quais são assimilados nos diversos ciclos de crescimento dos organismos presentes, sendo que desta maneira é possível obter-se o nível de fertilidade do solo estudado. Se houver um grande declínio da atividade microbiana, representa a presença de algum fator, no qual gera um impacto na qualidade do solo. Porém o solo que detém de uma grande quantidade de biomassa microbiana, é capaz de estocar e ciclar nutrientes, o qual terá por sua vez uma qualidade superior (MÁRCIO; MESQUITA; PACHECO FERREIRA, 2005).

Os resultados das análises da biomassa microbiana do solo fornecem dados, onde por ser uma análise dinâmica é possível observar antecipadamente as alterações mais lentas que estão ocorrendo na matéria orgânica do solo. Ocorre devido às ações e impactos pelos quais determinado solo foi submetido, antes das análises químicas, uma vez que o carbono da biomassa microbiana do solo (CBMS) é mais sensível à toxidez de inúmeras origens presentes no solo (SCHMITZ, 2003).

O carbono da biomassa microbiana do solo é fonte de enzimas para o solo. É responsável pelas atividades biológicas, sendo possível medir a regeneração do solo depois da retirada de sua camada superficial, efeitos dos metais pesados no solo e as variações das propriedades orgânicas. Além de detectar mudanças antes que ocorram alterações na matéria orgânica, permitindo adequar correções antes de uma degradação maior do solo (SCHMITZ, 2003).

2.5.2. Respiração Basal

A respiração basal do solo é a soma das funções metabólicas onde ocorre produção de CO₂. A liberação de CO₂ é oriunda da atividade de bactérias, fungos, algas e protozoários do solo e também das raízes de plantas, que se concentram em uma profundidade de 1 a 30 cm. Ou seja, a quantidade do CO₂ emitido relaciona-se com a capacidade de degradação da matéria orgânica pela microbiota heterotrófica, essencial no ciclo do carbono (SANTOS; MAIA, 2013)

A atividade microbiana pode ser medida pelo método de respiração basal a campo sob condições naturais, ou em laboratório sob condições controladas, a qual nos mostra o quanto os organismos aeróbios oxidam a matéria orgânica presente no solo (SILVEIRA, 2011).

A respiração irá variar de acordo com o estado fisiológico das células, as condições climáticas, fatores ambientais, e manejo do solo. Uma vez que, quando se há uma alta taxa de respiração pode-se concluir que há uma alta atividade da biomassa microbiana, que se dá pela transformação da matéria orgânica em nutrientes, ou quebra de agregados do solo. Estes ocorrem pela aeração, que aumenta a atividade, indicando distúrbio ecológico. Onde, se faz necessária uma análise de todos os fatores e distúrbios os quais possam estar causando estresse afetando a atividade microbiana. (TÓTOLA; CHAER, 2000).

3. METODOLOGIA

O experimento foi realizado no Laboratório de Monitoramento e Planejamento Ambiental da Universidade Federal de Santa Maria, Campus Frederico Westphalen. O solo utilizado foi um Latossolo Vermelho Aluminoférrico típico (Embrapa, 2006), com textura argilosa.

Os solos foram coletados nas dependências do mesmo Campus, sendo um, em área com cultivo antigo de espécies frutíferas considerado de baixa fertilidade (solo 01), e outro proveniente de mata nativa considerado de alta fertilidade natural (solo 02), conforme pode-se observar nas características químicas apresentadas na tabela 1.

Tabela 1. Características químicas dos solos utilizados no estudo.

Solo	pH	Al	Ca	Mg	K	P
		.....	cmolc/d	.....		mg/dm³
		....	m³	....	.....	....
01	5,2	2,4	1,9	1,1	159,2	3,4
02	6,8	0,0	18,4	7,1	224	12,9
CTC						
Solo	pH7	MO	V	Na	Cu	Zn
		cmolc/				
		dm³	.....%.....		.....mg/dm ³	
01	16,6	3,6	21,4	10,8	10,1	1,3
02	27,8	3,5	93,5	12,4	13,7	16,2

Fonte: O Autor, 2020.

O soro de leite utilizado foi coletado no Laticínio Eduvavi, uma agroindústria localizada na Linha Volta Grande, Km 38, interior de Frederico Westphalen – RS. A agroindústria pertence a agricultores familiares e produtores rurais, na qual a matéria-prima, o leite, é originada dentro desta propriedade. Em agroindústrias de micro e pequeno porte encontra-se um grande potencial e importância na produção láctea, aliando a produtividade à

sustentabilidade, a fim de agregar valor a esta produção agroindustrial que se encontra presente constantemente em todo Rio Grande do Sul (INTELIG, 2014).

O soro de leite foi coletado ao final de todo processo agroindustrial necessário para a produção de queijos e derivados.

3.1. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E APLICAÇÃO DE SORO DE LEITE

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 5x2x3, sendo 5 doses de soro, 2 solos (alta e baixa fertilidade) e 3 repetições. As unidades experimentais se constituíram de 30 vasos de polietileno (Figura 1) com capacidade de 3 litros que foram preenchidos igualmente com 2 quilos de solo úmido.

Figura 1: unidades experimentais.



Fonte: O Autor, 2020.

As doses de soro de leite utilizadas foram: uma testemunha sem aplicação do soro de leite ($0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) e quatro doses equivalentes a 50, 100, 150 e $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ calculadas conforme o estudo de Mantovani et al., (2015).

O experimento foi instalado logo após a coleta do soro de leite, e os tratamentos foram aplicados em solos coletados em uma profundidade de 0 a 20 cm. Os vasos foram mantidos por

um período de 90 dias até a finalização do experimento. A umidade do solo foi preservada por meio de pesagem semanal dos vasos, onde determinou-se a água evaporada e realizou-se a reposição da mesma com água destilada conforme necessário.

3.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DO SORO DE LEITE

As características Físico-Químicas do soro de leite, foram determinadas no Laboratório de Recursos Hídricos da Universidade Federal de Santa Maria, Campus de Frederico Westphalen -RS.

O pH e a temperatura foram obtidas por meio do pHmetro de bancada. A condutividade elétrica foi obtida utilizando o condutivímetro. O NTK (nitrogênio total Kjeldahl) foi obtido através do método kjeldahl segundo Tedesco et al. (1995). O potássio, sódio, cálcio, magnésio e zinco foram determinados por espectrometria de absorção atômica. A demanda química de oxigênio foi determinada pelo método colorimétrico - refluxo fechado. O fósforo total foi determinado pelo método vanadomolibdato. A determinação da demanda bioquímica de oxigênio (DBO), foi pelo método de incubação a 20° C, cinco dias. E os sólidos totais foram determinados por secagem de uma certa quantidade em mufla. No quadro 2 é apresentado a caracterização do soro de leite utilizado no experimento.

Quadro 2 - Caracterização do Soro de leite.

Temperatura	41,4 °C
pH	6,24
Condutividade elétrica	26,1 S/cm
DBO(5 dias)	0 mg/L
Fósforo Total	520 mg/L
Nitrogênio Total	130 mg/L
Sólidos Totais	89,74 mg/L
Potássio	1398 mg/L
Sódio	4402 mg/L
Cálcio	358 mg/L
Magnésio	98 mg/L
Zinco	0,04 mg/L

Fonte: O Autor, 2020.

3.3. CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS DO SOLO

As análises microbiológicas foram realizadas no Laboratório de Monitoramento e Planejamento Ambiental da Universidade de Santa Maria, Campus de Frederico Westphalen – RS.

A respiração basal foi avaliada a cada 7 dias por um período de 2 meses. A quantificação de fungos e bactérias foi realizada aos 30 dias após a aplicação do soro de leite. O carbono da biomassa microbiana do solo foi realizado na oitava semana do experimento.

3.3.1 Respiração Basal do Solo (RBS)

A respiração basal do solo foi determinada pela quantidade de CO_2 liberado do solo a cada 7 dias de incubação, de acordo com Silveira (2011). As unidades experimentais foram compostas por recipientes de vidro com tampas herméticas. Foi utilizada uma amostra de solo de 50 g, a qual foi incubada a temperatura de 25°C , e sua umidade ajustada para a porcentagem de 60% de sua capacidade de campo (Figura 2).

Figura 2 – Amostras de solo incubadas em estufa para quantificação da respiração basal do solo.



Fonte: O Autor, 2020.

Três recipientes sem solo foram utilizados para fins de controle. O CO_2 produzido foi capturado por meio de uma solução de 20 ml de hidróxido de sódio (NaOH) 0,5 mol/L e quantificado por titulação com Ácido clorídrico (HCl) 0,3 mol/L onde foi adicionado previamente 3 ml de cloreto de bário (BaCl_2) 30% e após fenolftaleína 1% como indicador. Os dados de respiração microbiana obtidos foram expressos em $\text{mg C-CO}_2 \text{ kg}^{-1}$ de solo seco.

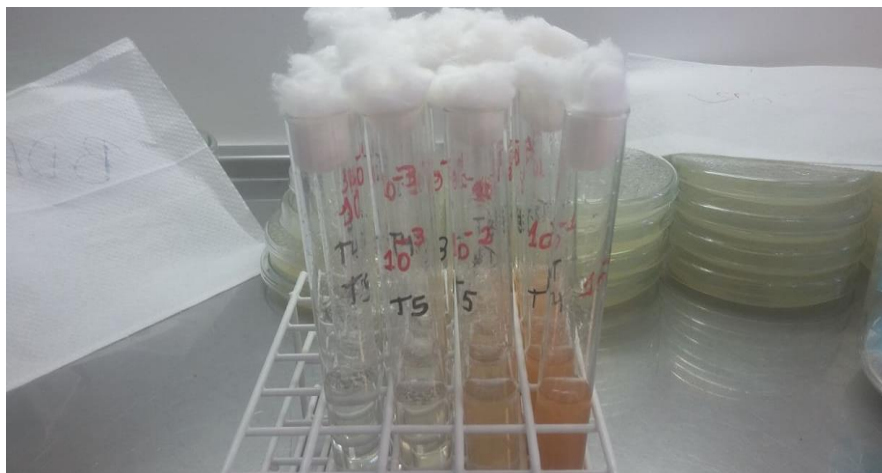
3.3.2 Quantificação de bactérias e fungos do solo (Contagem de Unidades formadoras de colônias (UFC) de bactérias e fungos)

Para quantificar as unidades formadoras de colônia (UFC) de bactérias e fungos, foi utilizado o método da inoculação de suspensões diluídas de solo em meio de cultura (WOLLUM, 1992).

Inicialmente foi preparada uma diluição decimal em série, começando esta com 10 g de solo colocado em erlenmeyer com 90 ml de solução salina (NaOH 0,85%) esterelizada. Após a diluição da amostra de solo, foi inoculado 1 ml desta solução em um tubo de ensaio contendo 9 ml de solução salina esterilizada e realizada a agitação. Este procedimento foi realizado em mais 4 diluições na sequência, onde de cada tubo era retirado uma alíquota de 1 ml e adicionada em outro tubo de ensaio contendo somente a solução salina totalizando 5 diluições (10^{-5}) (Figura 3). Posteriormente foram escolhidas as diluições 10^{-4} para bactérias e 10^{-2} para fungos e inoculadas pela técnica de espalhamento 0,1 ml destas diluições em placa de petri com os seguintes meios de cultura: para bactérias, Plate Count Agar (CP) e para fungos Potato Dextrose Ágar (PDA), com três repetições por tratamento. Todos os procedimentos foram realizados em capela de fluxo laminar para evitar a contaminação das amostras (Figura 4).

Após inoculação, as placas foram incubadas em temperatura em torno dos 28 °C. A contagem das unidades formadoras de colônias de bactérias foi realizada após 24 horas e as de fungos, após 48 horas de incubação.

Figura 3 – Diluição seriada das amostras de solo



Fonte: O Autor, 2020.

Figura 4 – Procedimento de inoculação das amostras de solo em placas contendo meio de cultura para determinação das unidades formadoras de colônia (UFC).



Fonte: O Autor, 2020.

3.3.3 Carbono Biomassa Microbiana do Solo (CBMS)

O BMS-C foi determinado pelo método de fumigação-extração (SILVA; AZEVEDO; DE POLLI, 2007). Primeiramente, cada amostra foi dividida em seis sub-amostras, das quais, três foram fumigadas e três não fumigadas, cada sub-amostra constituiu-se de 20g de solo. Foi adicionado 1 ml de clorofórmio nas amostras atribuídas a fumigação, após foram fechadas e armazenadas em local sem qualquer luminosidade por um período de 24 horas. Após atingir o período determinado, as tampas ficaram abertas em capela de exaustão onde houve completa eliminação do clorofórmio.

Para a realização do processo de extração, tanto nas amostras fumigadas quanto nas não fumigadas, foram adicionados 50 ml de solução de 0,5 M de sulfato de potássio (K_2SO_4), após foi agitado por 30 minutos a 220 rpm. Depois de aguardar o tempo necessário de decantação, foi retirado o sobrenadante e passado em um filtro de papel. Transferiu-se 8 ml do substrato já filtrado para um erlenmeyer e adicionou-se 2 ml de solução 0,066 M de dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$), 10 ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4) (P.A) e 5 ml de ácido orto fosfórico (H_3PO_4) P.A. Após a amostra em questão esfriar, foi adicionado 70 ml de água destilada, então foram adicionadas 4 gotas de difenilamina e titulado com a solução de 0,033 M de sulfato ferroso amoniacal.

Para determinação do teor de carbono nos extratos, utilizou-se a equação descrita abaixo:

$$C \text{ (mg C Kg}^{-1} \text{ solo)} = \frac{(Vb-Va) \cdot M \cdot 0,003 \cdot V_1 \cdot 10^6}{Ps \cdot V_2}$$

Onde:

Vb (ml) - volume do sulfato ferroso gasto na titulação da solução controle;

Va (ml) - volume do sulfato ferroso gasto na titulação da amostra;

M - molaridade exata do sulfato ferroso amoniacal;

V₁ - volume do extrator (K₂SO₄);

V₂ - alíquota do extrato para a titulação;

0,003- miliequivalente do carbono;

Ps - massa do solo seco (g)

Pela seguinte fórmula foi determinado BMS-C:

$$\text{BMS- C (mg C microbiano Kg}^{-1} \text{ solo)} = \text{FC} \cdot \text{K}_c^{-1}$$

Onde:

FC- fluxo obtido da diferença entre a quantidade de C das amostras fumigadas e não fumigadas (mg Kg⁻¹);

K_c- fator de correção (0,33).

3.4 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO

As análises químicas do solo foram efetuadas no Laboratório de Química do Solo da Universidade Federal de Santa Maria, Campus de Frederico Westphalen – RS, de acordo com a metodologia de Tedesco et al., (1995) no final do experimento aos 90 dias após aplicação do soro de leite.

Foram realizadas determinações de matéria orgânica, fósforo, potássio, cobre, zinco, sódio, cálcio, magnésio, CTC (capacidade de troca de cátions) a pH 7 e saturação por bases.

3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

Os dados obtidos foram submetidos à análises estatísticas os quais foram realizados por meio de teste de média (Scott Knott) com o auxílio do programa estatístico SISVAR versão 5.6 (FERREIRA, 2019).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO

O pH, alumínio (Al), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), zinco (Zn), saturação por bases (V%), CTC potencial (CTC pH 7,0) e sódio (Na) demonstraram diferenças significativas para interação entre solos e doses (Tabela 2).

O fósforo (P) apresentou diferença significativa para os dois solos e para a interação entre solos e doses. Já o cobre (Cu), apresentou diferenças significativas somente para os solos e a matéria orgânica (MO) somente efeito simples para doses, conforme pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2 – Valores de F para as características químicas do solo avaliadas.

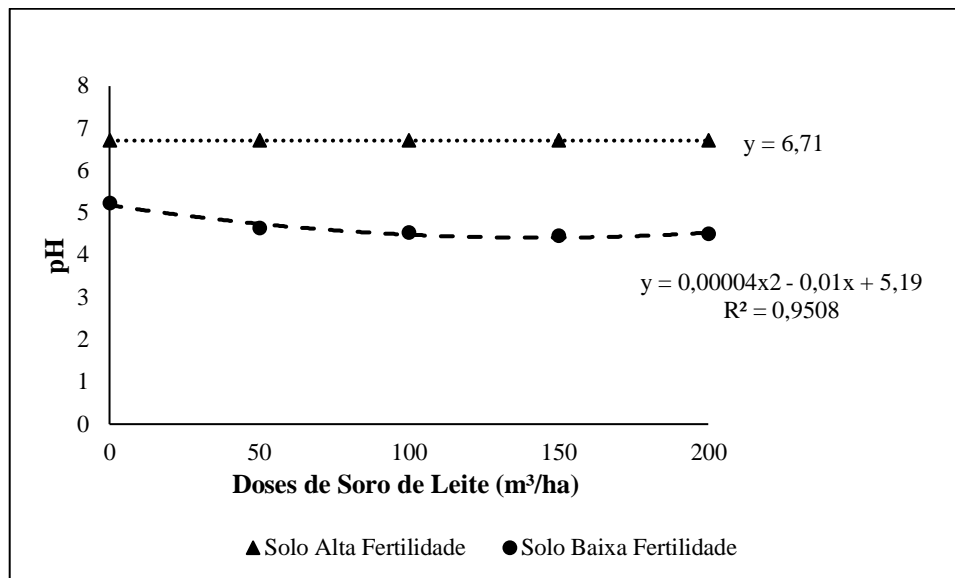
Fonte de Variação	pH	Al	P	K	Ca	Mg
Doses	19,456*	30,643*	1,338	31,768*	4,197*	4,127*
Solos	2754,04*	7452,07*	835,4*	306,921*	7913,4*	4747,71*
Solos X Doses	8,779*	30,64*	3,002*	7,2444*	2,396	2,787
CV (%)	1,87	6,34	10,75	6,47	5,12	6,17
Fonte de Variação	Cu	Zn	MO	V%	CTC pH7,0	Na
Doses	2,271	7,110*	11,759*	4,498*	12,591*	209,672*
Solos	171,677*	1864,91*	1,782	39294,7*	1935,01*	7,264*
Solos X Doses	0,475	5,667*	0,895	4,665*	3,598*	4,025*
CV (%)	7,17	11,06	5,78	1,73	4,02	13,47

*Significativo a 5% de probabilidade

O comportamento do pH dos solos de acordo com as diferentes doses de soro de leite e a testemunha, pode ser analisado na Figura 5. A adição de soro de leite no solo de alta fertilidade não ocasionou nenhuma mudança em relação ao pH deste solo. Já no solo de baixa fertilidade, a adição do soro de leite reduziu o pH, acidificando o solo conforme houve aumento da dose aplicada.

A diminuição do pH conforme a aplicação do resíduo também foi constatada por Francisco et al. (2016), o qual utilizou diversas dosagens de vinhaça em sua pesquisa. Segundo Mantovani et al. (2015), a aplicação de soro de leite em dosagens de até 200 m³ha⁻¹ não ocasionou nenhuma alteração significativa nos solos em função do elevado poder tampão do solo.

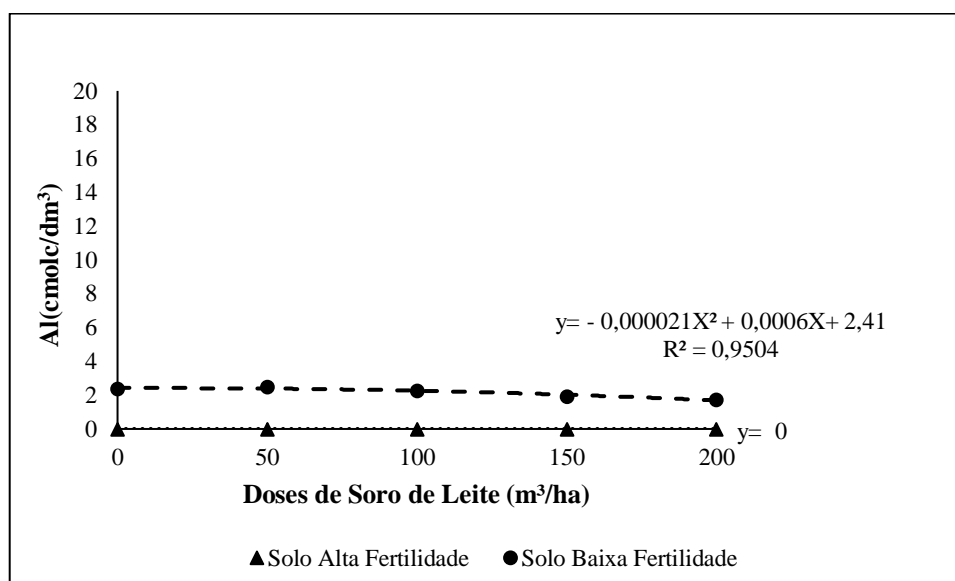
Figura 5 – Valores do pH dos solos (alta e baixa fertilidade) com e sem aplicação de soro de leite ($0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; $150 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$).



Fonte: O Autor, 2020.

O teor de alumínio no solo de alta fertilidade se manteve nulo em todas as dosagens, já no solo de baixa fertilidade teve um leve declínio nas dosagens em que se aplicou o soro de leite (Figura 6).

Figura 6 - Teor de alumínio de dois solos (alta e baixa fertilidade) com e sem aplicação de doses de soro de leite ($0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; $150 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$).



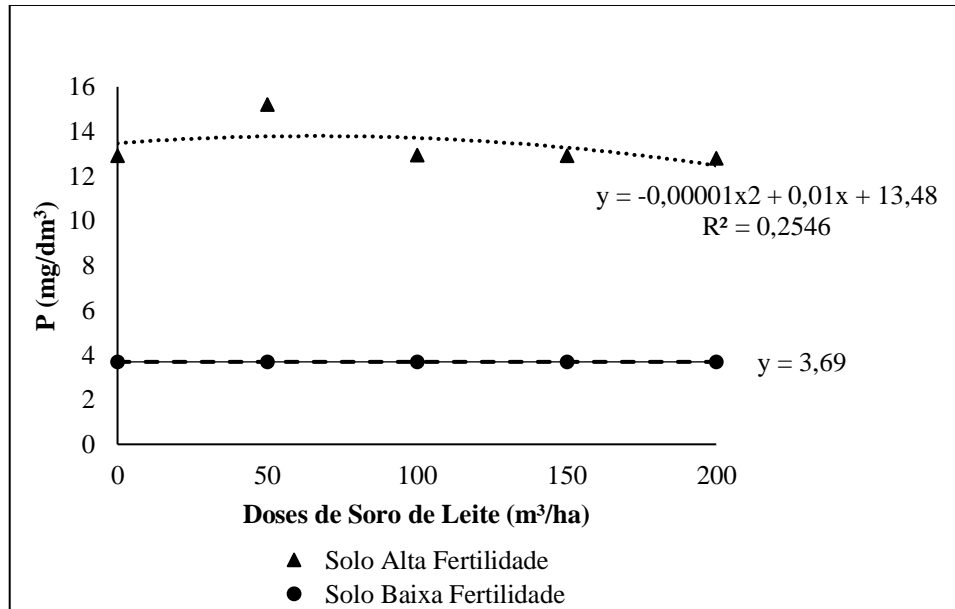
Fonte: O Autor, 2020.

A toxidez do alumínio é comum ser encontrada em solos com pH abaixo de 5,5 sendo que, quanto menor, mais solúvel este elemento se torna uma vez que, poderá haver variações de acordo com as características dos solos. O alumínio em baixas concentrações pode ser benéfico, estimulando o crescimento de algumas plantas (FERREIRA; RASSINI; MOREIRA, 2006).

A concentração de fósforo no solo de baixa fertilidade não foi alterada com a adição de soro de leite. No solo de alta fertilidade, o comportamento quadrático foi levemente negativo, havendo apenas uma elevação na concentração de 50 m³ ha⁻¹ (Figura 7).

Fonseca et al. (2007) e Mantovani et al. (2015), afirmam que a presença de P contida em resíduos orgânicos apresenta liberação consideravelmente lenta, normalmente é observado seus efeitos, em experimentos de períodos maiores do que cinco anos.

Figura 7 - Concentração de fósforo presente em solos (baixa e alta fertilidade) com e sem aplicação de soro de leite (0 m³ ha⁻¹; 50 m³ ha⁻¹; 100 m³ ha⁻¹; 150 m³ ha⁻¹; 200 m³ ha⁻¹).



Fonte: O Autor, 2020.

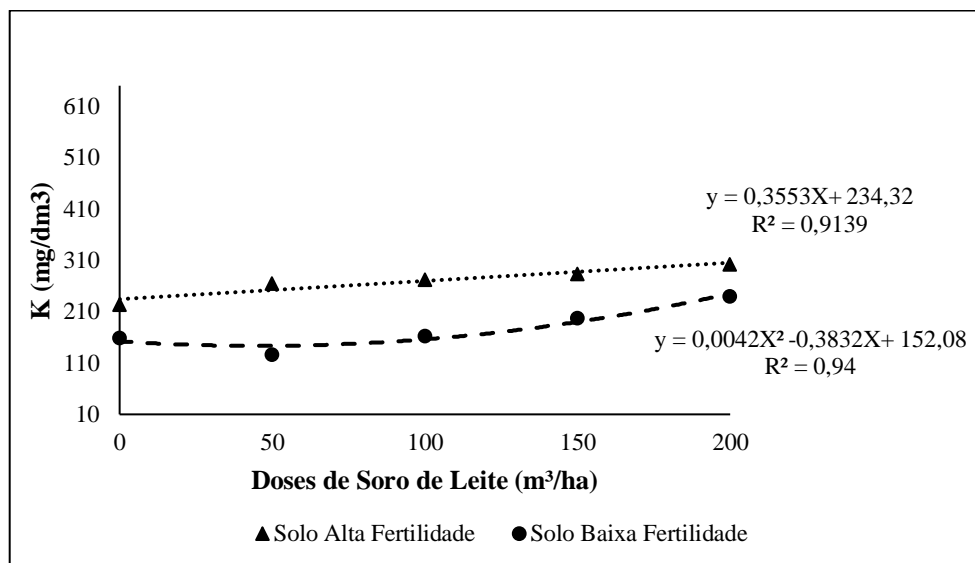
O soro de leite possui boas concentrações de potássio em sua composição, sendo este de grande importância para a fertilização do solo, em concentrações adequadas para cada tipo de solo. Neste estudo, o valor de potássio encontrado no soro de leite utilizado, foi de 1.398 mg/L (Quadro 2).

Os valores resultantes da adição de soro de leite nos solos de alta e baixa fertilidade se mostraram crescentes de acordo com o aumento da dosagem, tendo ajustes de R^2 de 0,9139 (solo alta fertilidade) e R^2 de 0,94 (solo de baixa fertilidade) demonstrando uma boa resposta deste elemento no solo conforme as doses aplicadas, sendo o solo de baixa fertilidade o que obteve uma melhor resposta se comparados (Figura 8).

O soro de leite quando aplicado aos solos logo libera o potássio, o qual pode ser adsorvido em forma de K trocável ou manter-se solúvel e lixiviar. Esta situação também ocorre, com outros resíduos, como por exemplo, a vinhaça a qual apresenta em sua composição um teor ainda maior de potássio, sendo que também eleva o seu teor no solo ao ser aplicada (QUEIROZ; SOARES; KUHLEN, 2018).

Erthal et al. (2010) também encontram altos valores de potássio em função da adição de resíduos proveniente da bovinocultura em local monitorado. Estes autores observaram que mesmo tendo o potássio alta mobilidade, a água que era fornecida não ajudou a sua movimentação pelo perfil do solo, mostrando o quão necessário se faz monitorar e utilizar dessas informações a fim de definir a dose certa do resíduo a ser aplicado no solo para que se possa ter uma boa resposta.

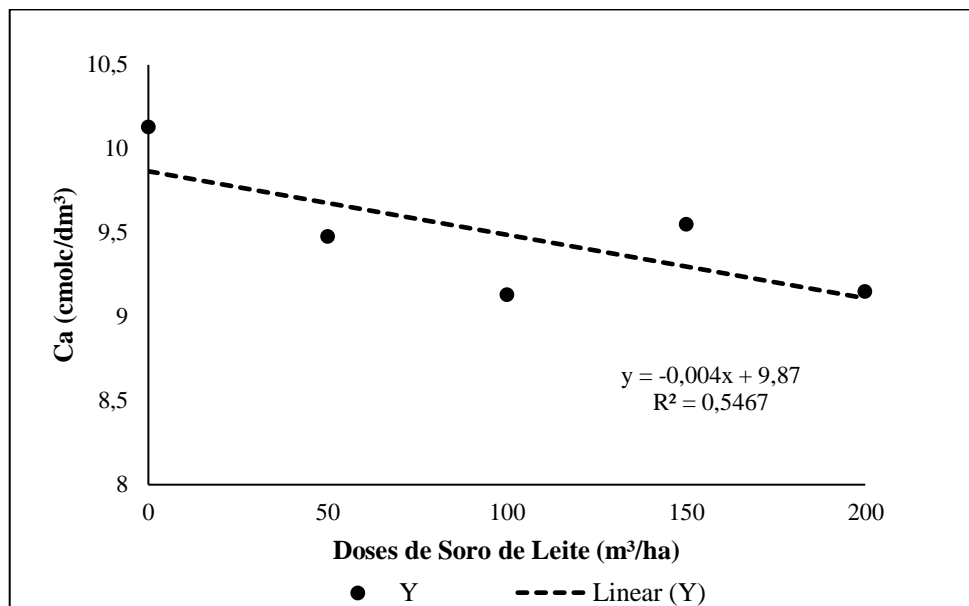
Figura 8 - Concentração de potássio presente em solos (baixa e alta fertilidade) com e sem aplicação de soro de leite ($0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; $150 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$).



Fonte: O Autor, 2020.

A concentração de cálcio do solo decaiu ao longo das doses de soro de leite aplicadas, comparando com o tratamento em que não houve aplicação deste do resíduo (Figura 9). Por mais que houve um leve decréscimo na concentração de cálcio, este ainda é considerado alto, uma vez que, segundo Sengik (2003), valores entre 2,0 a 4,0 cmolc kg⁻¹ são tidos como teores médios.

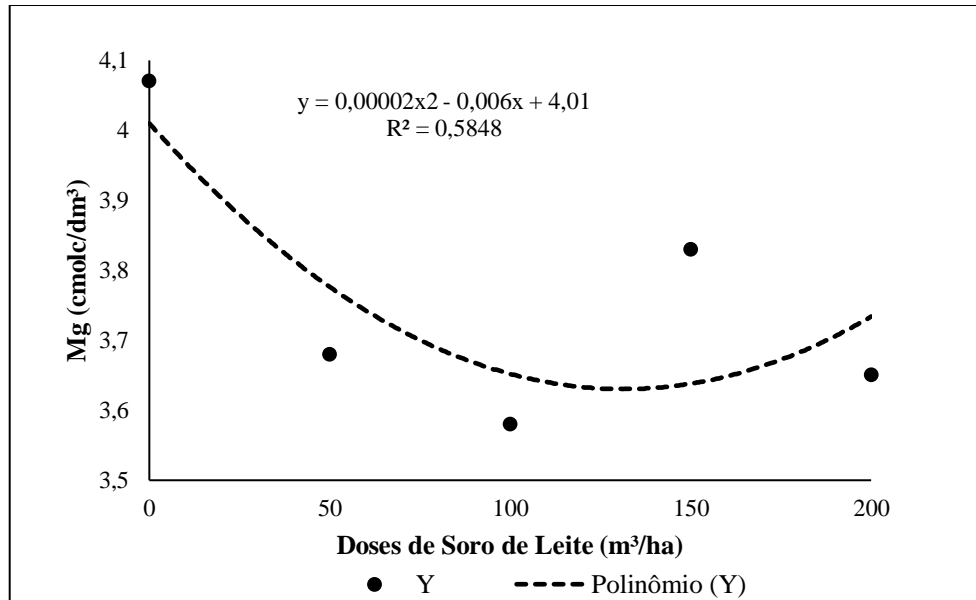
Figura 9 - Concentração de cálcio presente em solos com e sem aplicação de soro de leite (0 m³ ha⁻¹; 50 m³ ha⁻¹; 100 m³ ha⁻¹; 150 m³ ha⁻¹; 200 m³ ha⁻¹).



Fonte: O Autor, 2020.

O teor de magnésio no solo reduziu com a aplicação de soro de leite até a dose de 100 m³ ha⁻¹ tendo um aumento a partir da dose de 150 m³ ha⁻¹ (Figura 10). Neste estudo, a concentração de magnésio nos solos, independente das doses de soro de leite aplicadas, pode ser considerada altíssima, pois, conforme Sengik (2003), valores entre 0,4 a 0,8 cmolc kg⁻¹ são considerados como teores médios deste elemento.

Figura 10 - Concentração de magnésio presente em solos com e sem aplicação de soro de leite ($0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; $150 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$).

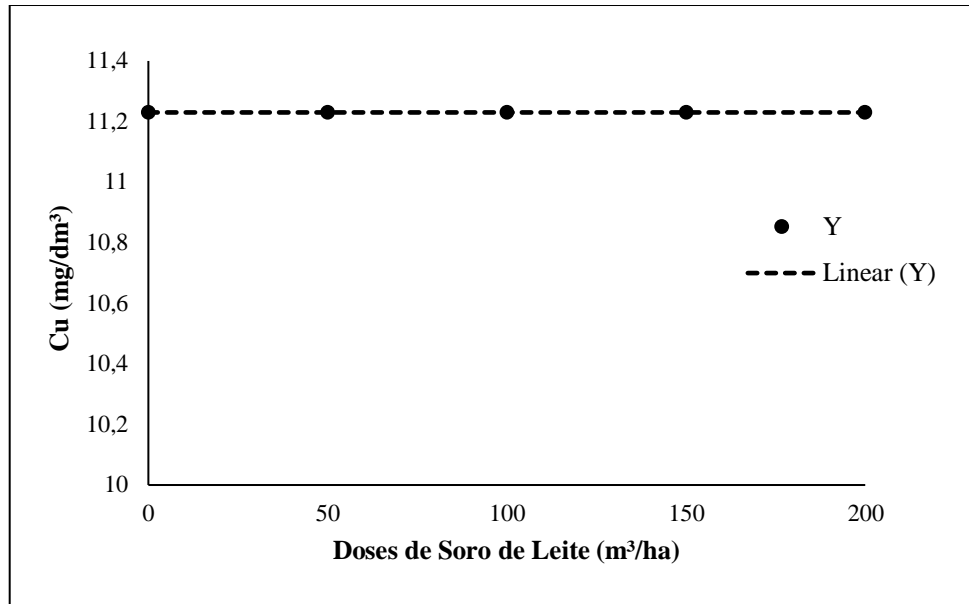


Fonte: O Autor, 2020.

Os teores de cálcio e magnésio nos solos estudados, não sofreram grandes alterações pelo fato de que, no soro de leite contenha pequenas concentrações destes nutrientes (MANTOVANI et al., 2015). Este fato pode ser observado no quadro 2 que apresenta a caracterização do soro de leite utilizado neste estudo.

A concentração de cobre não demonstrou alterações com a aplicação das dosagens de soro de leite em ambos solos (Figura 11). Há limites de concentração de cobre para o solo, para que não seja prejudicial ao desenvolvimento do cultivar escolhido para plantio, segundo Lobato; Souza (2004), a faixa de valores considerada boa está entre $0,5 \text{ mg dm}^{-3}$ e $0,8 \text{ mg dm}^{-3}$. Levando como base estes valores de referência, é possível observar que os teores de Cobre obtidos neste estudo, estão muito acima, o qual pode ser proveniente do material de origem do solo estudado.

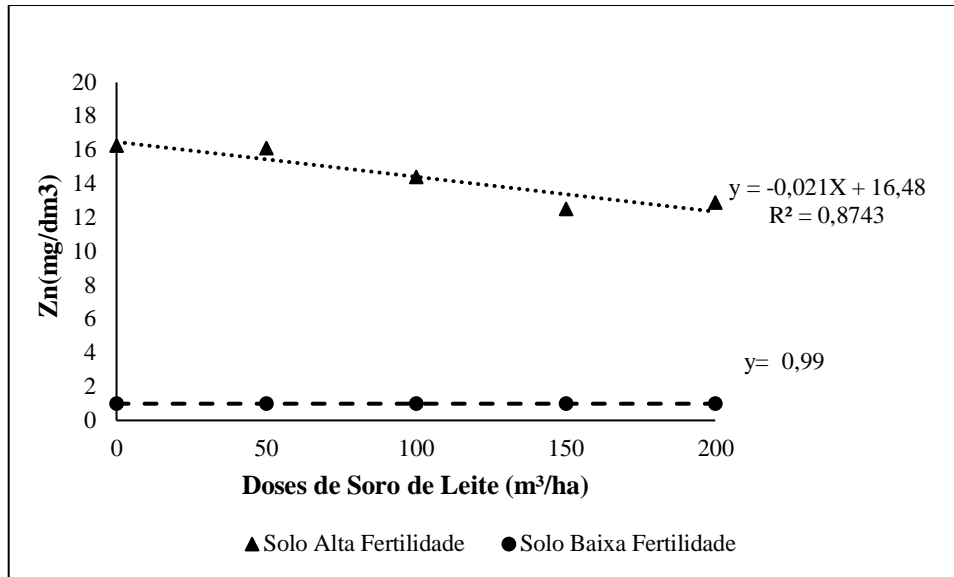
Figura 11 - Concentração de Cobre presente em solos (alta e baixa fertilidade) com e sem aplicação de soro de leite ($0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; $150 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$).



Fonte: O Autor, 2020.

A adição de soro de leite ocasionou em um decaimento na concentração de zinco no solo de alta fertilidade e no solo de baixa fertilidade não demonstrou nenhuma alteração com a adição das doses estudadas (Figura 12). Souza e Lobato (2004) afirmam que quando o solo tiver níveis de zinco fora do intervalo de $1,0 \text{ mg dm}^3$ a $1,6 \text{ mg dm}^3$, este solo pode ser considerado tóxico para determinadas plantas. No entanto, os solos da região norte do Rio Grande do Sul apresentam naturalmente altas concentrações de Cu e Zn em função de serem originados por rochas basálticas ricas nestes elementos (TIECHER et al., 2016).

Figura 12 - Concentração de Zinco presente em solos (baixa e alta fertilidade) com e sem aplicação de soro de leite ($0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; $150 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$).



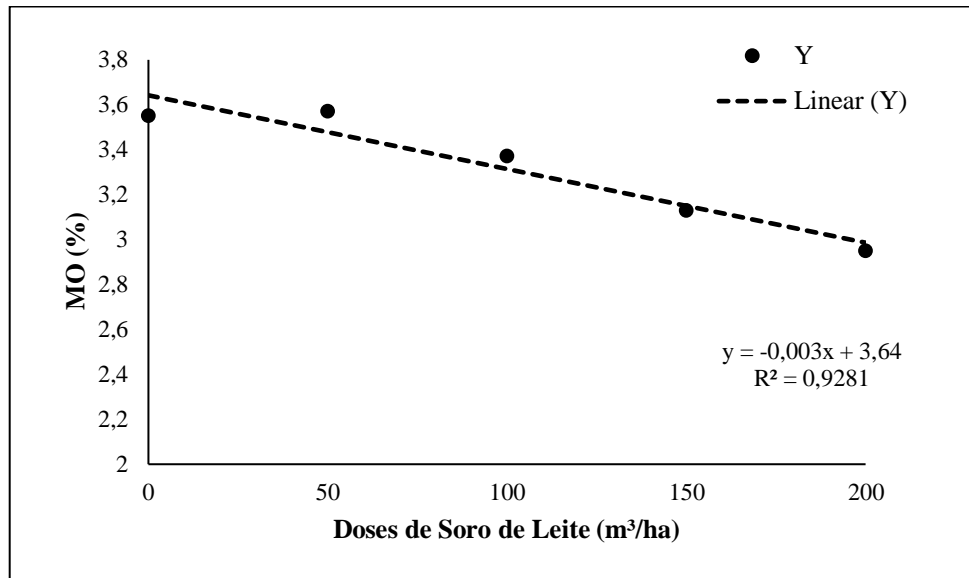
Fonte: O Autor, 2020.

De acordo com a Resolução CONAMA 460/2013 que altera a resolução CONAMA 420/2009, a qual dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas, os valores de cobre e zinco observadas no experimento são menores, se comparados com os valores de referência de prevenção (60 e 300 mg Kg^{-1} para cobre e zinco respectivamente), evitando contaminação por cobre e zinco nos solos estudados.

O teor da matéria orgânica do solo apresentou uma pequena redução em relação às dosagens de soro de leite, sendo que apenas a dose de $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ teve um leve aumento nos teores de MO do solo, demonstrando que este resíduo não contribui efetivamente para adição de carbono orgânico no solo (Figura 13).

O teor de matéria orgânica pode não sofrer alterações em decorrência da quantidade de carbono orgânico de fácil decomposição no resíduo em questão, o soro de leite (MANTOVANI et al., 2015). Já Fonseca et al. (2007) diz que a diminuição da matéria orgânica presente no solo pode ser em decorrência do N mineral, temperatura, baixa relação C:N do resíduo e acréscimo da atividade dos microrganismos que irá ocasionar na decomposição da matéria orgânica presente no solo.

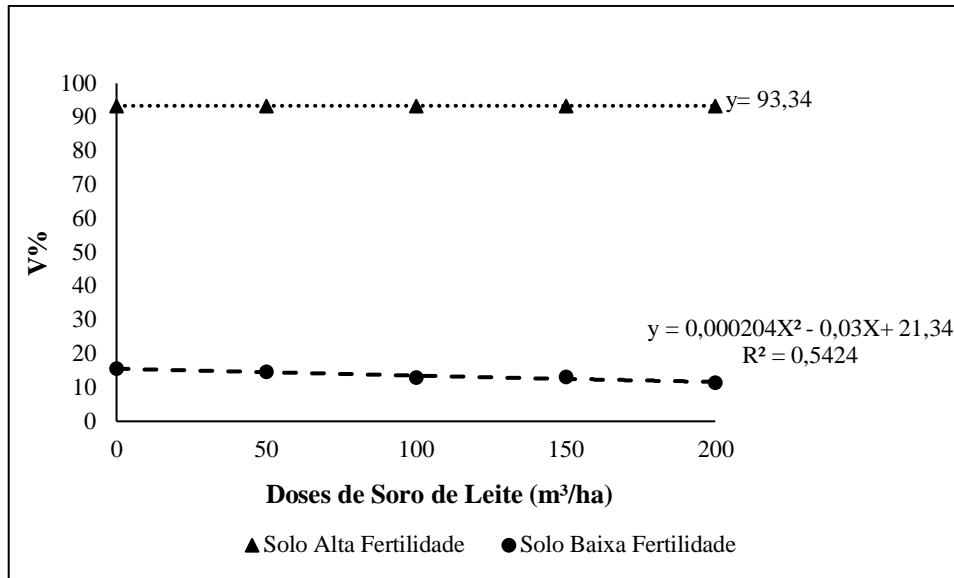
Figura 13 - Concentração de matéria orgânica presente em solos (alta e baixa fertilidade) com e sem aplicação de soro de leite ($0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; $150 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$).



Fonte: O Autor, 2020.

A saturação de bases (V%) não apresentou alterações com a aplicação das dosagens de soro de leite para o solo de alta fertilidade que já apresentava valores altos de V% (Figura 14). Para o solo de baixa fertilidade, ocorreu um leve decaimento na saturação de bases conforme aumentaram as doses aplicadas (Figura 14). Este fato pode ser explicado pela baixa concentração de Ca e Mg presente neste solo, mesmo com aplicação do resíduo, não influenciando nos valores de V%.

Figura 14 - Saturação de bases presente em solos (baixa e alta fertilidade) com e sem aplicação de soro de leite ($0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; $150 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$).

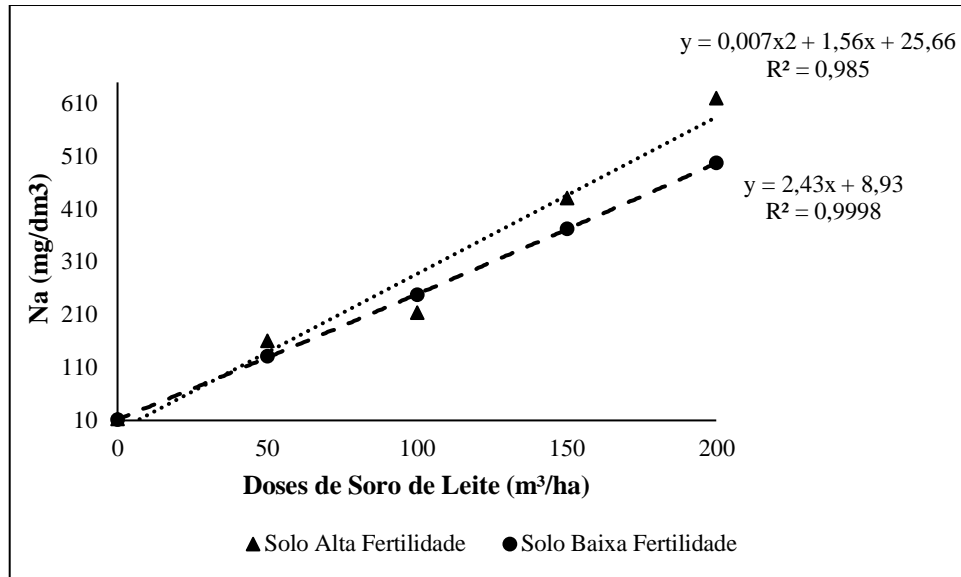


Fonte: O Autor, 2020.

A concentração de sódio nos solos de alta e baixa fertilidade apresentou uma significativa elevação com a adição das doses de soro de leite. Os resultados de sódio (Na) tiveram um comportamento quadrático para solo de alta e baixa fertilidade, com R^2 0,985 e R^2 0,9998, respectivamente (Figura 15), demonstrando uma altíssima resposta deste elemento no solo conforme as dosagens aplicadas.

O crescimento populacional e a demanda por alimentos têm sua parte de culpabilidade e contribuição para o aumento da degradação dos solos por salinidade e sodicidade, principalmente por manejo e descarte inadequado dos resíduos diretamente no solo. Quando a concentração de sódio se encontra alta no solo e apresentar baixa concentração de eletrólitos, haverá grande dispersão de argilas e alta viscosidade da água, os quais contribuem para reduzir a condutividade da água, taxa de infiltração e a permeabilidade do solo (PEDROTTI et al., 2015). De acordo com Santos et al. (2006), tais efeitos, prejudiciais ao solo, como a salinização do mesmo, somente irá ocorrer se o teor de sódio for muito maior que os teores de cálcio e magnésio.

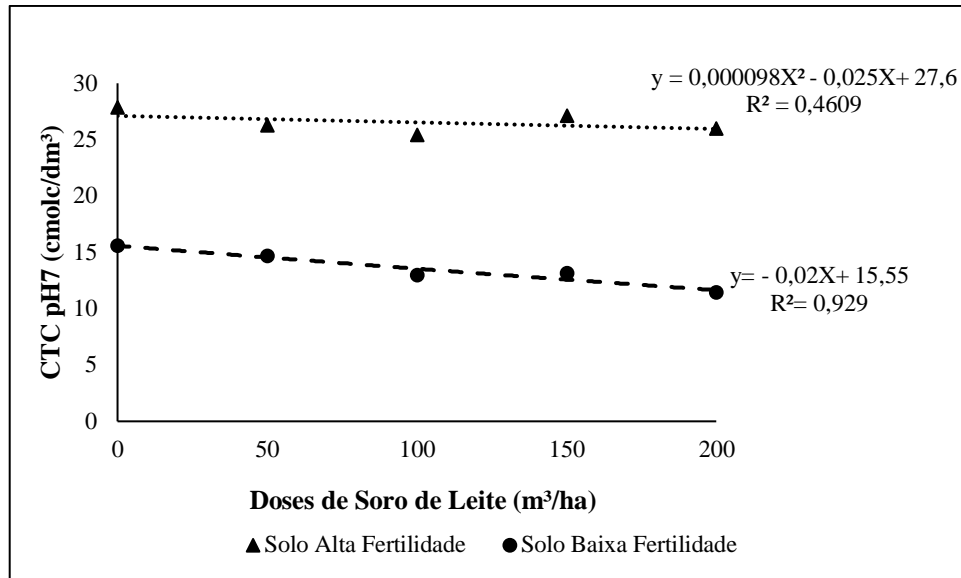
Figura 15 - Concentração de sódio presente em solos (baixa e alta fertilidade) com e sem aplicação de soro de leite ($0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; $150 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$).



Fonte: O Autor, 2020.

A CTC a pH 7,0 apresentou um leve declínio com aplicação das doses de soro de leite nas dosagens $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ e $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ e aumentou na dosagem de $150 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ em ambos os solos (de alta e baixa fertilidade). Mesmo havendo este declínio com a aplicação do soro de leite, conforme observada em uma tabela de interpretação de CTC pH 7,0, estes valores de CTC são consideradas muito bons ($>15 \text{ cmolc/dm}^3$) e bons ($8,61 - 15 \text{ cmolc/dm}^3$) (CFSEMG, 1999).

Figura 16 - CTC pH 7,0 em solos (baixa e alta fertilidade) com e sem aplicação de soro de leite ($0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; $150 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$).



Fonte: O Autor, 2020.

Quando o efeito simples para solos é avaliado, podem-se observar as diferenças encontradas entre os solos de alta e baixa fertilidade após aplicação de doses de soro de leite, para os elementos cálcio, magnésio e cobre (Tabela 3) do solo. Neste sentido, é possível visualizar que a concentração de cálcio, magnésio e cobre é significativamente maior no solo de alta fertilidade em relação ao solo de baixa fertilidade independente das doses de soro de leite utilizadas.

Tabela 3 – Valores de Cálcio, magnésio e cobre em solos de alta e baixa fertilidade com aplicação de soro de leite.

Tratamentos ¹	Ca cmolc/dm ³	Mg cmolc/dm ³	Cu mg/dm ³
Solo Alta Fertilidade	17,38 a ²	6,69 a	13,15 a
Solo Baixa Fertilidade	1,60 b	0,84 b	9,30 b
CV (%)	5,12	6,17	7,17

¹Solo Alta Fertilidade com aplicação de soro de leite; Solo Baixa Fertilidade com aplicação de soro de leite.

²Médias seguidas de mesma letra (na coluna) não diferem entre si pelo teste de Scott Knott ao nível de significância de 5%.

A aplicação de soro de leite influenciou as características químicas do solo de forma distinta, com aumentos para os teores de Na e K e reduções nos teores de matéria orgânica, Mg e Ca. Estas alterações apresentaram a mesma tendência dentro de cada nível de fertilidade

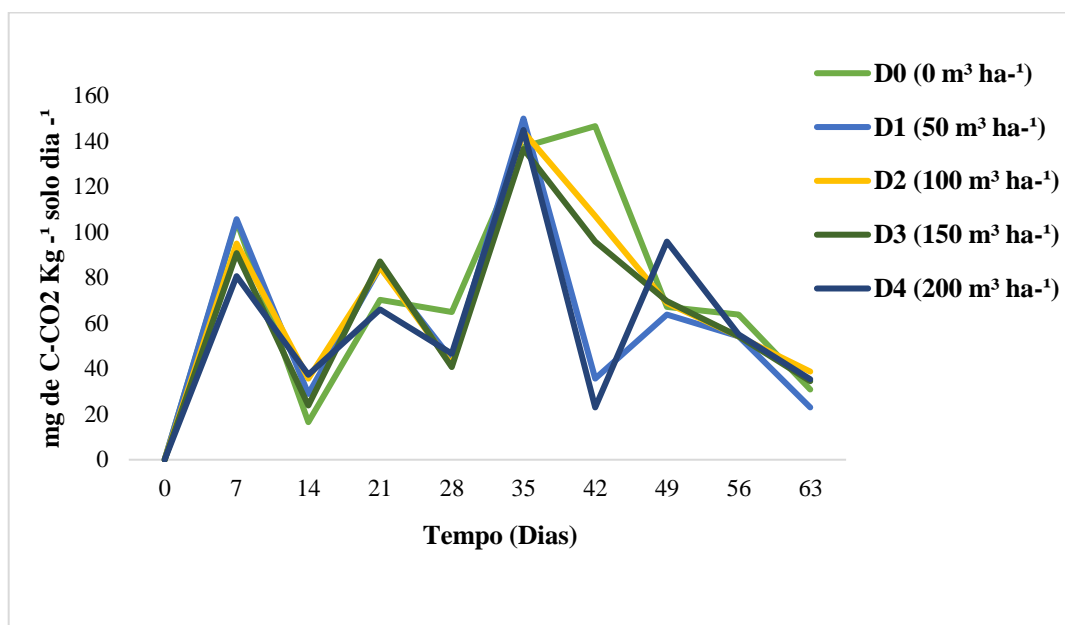
estudado. Por este fato, é de enorme importância o monitoramento das características químicas do solo, antes e após aplicação do soro de leite ou qualquer outro resíduo que seja aplicado no solo, a fim de identificar possíveis alterações, evitando impactos negativos ao meio.

4.2 CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS DO SOLO

Na figura 17, está representado o comportamento da atividade microbiana avaliada através da respiração basal do solo de alta fertilidade, por um período de 63 dias de incubação.

Em todos os tratamentos houve uma alta liberação de CO₂ nos primeiros 7 dias de incubação, o que pode ser explicado pelo fato que no início do experimento o solo sob condições favoráveis de umidade e temperatura, favorece a atividade microbiana principalmente nos tratamentos com adição de soro de leite, estimulando a degradação do carbono orgânico presente, neste período inicial.

Figura 17 - Respiração basal em solo de alta fertilidade com e sem aplicação de soro de leite (0 m³ ha⁻¹; 50 m³ ha⁻¹; 100 m³ ha⁻¹; 150 m³ ha⁻¹; 200 m³ ha⁻¹) durante 63 dias de incubação.



Fonte: O Autor, 2020.

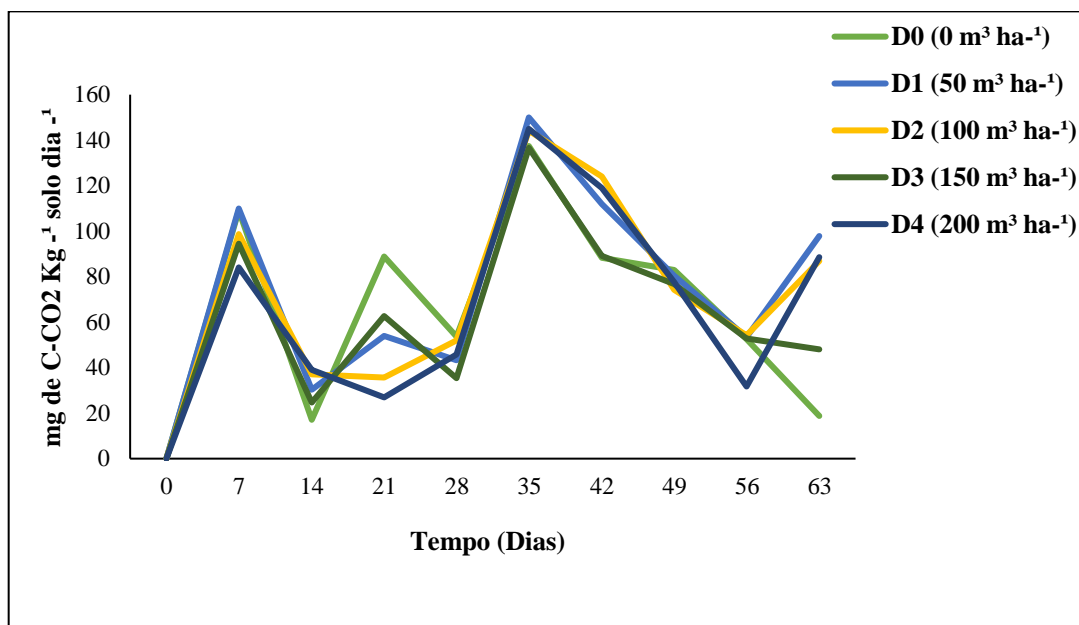
O tratamento D0 (sem aplicação de soro de leite) apresentou uma queda significativa aos 14 dias de incubação, e o pico da atividade ocorreu aos 42 dias. Após este período, os

valores começaram a decair até o final da incubação, que foi aos 63 dias quando a atividade microbiana se estabilizou.

Os tratamentos D1, D2 e D3, os quais tiveram aplicação de soro de leite, apresentaram comportamentos semelhantes. Estes tratamentos obtiveram valores menores de atividade microbiana aos 14 dias de incubação e o maior pico de atividade ocorreu aos 35 dias de incubação. Após este período, a liberação de CO₂ diminuiu e entre os 42 e 49 dias, houve um pequeno aumento nesta liberação se estabilizando aos 63 dias. Em comparação a todos os tratamentos com aplicação de soro de leite, o que obteve maiores alternância de picos (aumento e baixa) atividade microbiana foi o tratamento D4, o qual teve a maior dose aplicada de soro de leite.

Na figura 18, está representado o comportamento atividade microbiana através da respiração basal do solo de baixa fertilidade, por um período de 63 dias de incubação.

Figura 18 - Respiração basal em solo de baixa fertilidade com e sem aplicação de soro de leite (0 m³ ha⁻¹; 50 m³ ha⁻¹; 100 m³ ha⁻¹; 150 m³ ha⁻¹; 200 m³ ha⁻¹) durante 63 dias de incubação.



Fonte: O Autor, 2020.

O tratamento D0 (sem aplicação de soro de leite) apresentou a maior liberação de CO₂ aos 7 dias de incubação com sua redução aos 14 dias de incubação. Aos 35 dias ocorreu o maior pico de atividade microbiana, sendo que após este período os valores de liberação de CO₂

tenderam a cair até os 63 dias de incubação. Em ambos os solos, os primeiros 7 dias de incubação apresentaram uma significativa atividade microbiana do solo.

Os tratamentos D1 e D3 obtiveram o seu menor pico de atividade aos 14 dias e o maior aos 35 dias. Após este período houve um decaimento da atividade até os 56 dias com sua retomada até os 63 dias.

Os tratamentos D2 e D4 apresentaram comportamento semelhante, aos 21 dias obtiveram o menor pico de atividade microbiana e aos 35 dias o maior pico foi observado, porém ocorrendo em ambos, grande alternância dos picos entre valores maiores e menores, e ao final dos 63 dias da incubação a atividade microbiana continuou a subir.

Os maiores picos de respiração basal do solo de acordo com Loss et al. (2013), ocorrem em função de uma reposição de umidade, baixa relação C/N e aumento de teor de carbono orgânico e nitrogênio. Estes picos retratam um efeito chamado de *priming*, que gera a estimulação da atividade dos microrganismos, por meio da aplicação de resíduos orgânicos que se encontra disponível para ser decomposta. Diversos picos de atividade, ou seja, alternância de picos pode acontecer em decorrência da adaptação dos microrganismos a fim de realizar a decomposição do substrato que foi adicionado ao solo (CRUZ et al., 2004).

Em ambos os solos (alta e baixa fertilidade) os valores de liberação de CO₂ ao longo do tempo foram próximos e apresentando a mesma tendência de comportamento durante o período de incubação. No entanto, no solo de baixa fertilidade a influência da aplicação de soro leite na atividade microbiana do solo continuou mesmo após os 63 dias de incubação não alcançando neste período sua estabilização total.

Na tabela 4, são apresentados os valores de F das características microbiológicas do solo em função da aplicação das doses de soro de leite.

Tabela 4 – Valores de F para as características biológicas do solo.

Fonte de Variação	CBMS	RBS	Bactérias	Fungos
Doses	1,373	2,883*	7,375*	35910,250*
Solos	7,5058*	0,060	8,390*	302500,00*
Solos X Doses	2,061	0,001	12,855*	37013,050*
CV (%)	47,96	43,85	29,83	0,86

*Significativo a 5% de probabilidade

O carbono da biomassa microbiana (CBMS) do solo demonstrou diferenças significativas para solos enquanto que a respiração basal (RBS) apenas demonstrou diferença significativa para o efeito simples de doses. Já bactérias e fungos apresentaram diferenças significativas para todas as fontes de variação avaliadas (Tabela 4).

O comportamento do carbono da biomassa microbiana (CBMS) para os solos de alta e baixa fertilidade pode ser visualizado na Tabela 5. No solo de baixa fertilidade, o CBMS apresentou valores médios de 279,15 mg C mic kg⁻¹ de solo, já para o de alta fertilidade os valores médios do CBMS foram 171,13 mg C mic kg⁻¹ de solo inferiores ao solo anterior.

Tabela 5 – Carbono da biomassa microbiana (CBMS) com e sem aplicação de doses de soro de leite para dois solos (alta e baixa fertilidade).

Tratamentos¹	CBMS mg C mic kg⁻¹
Solo Alta Fertilidade	171,13 b ²
Solo Baixa Fertilidade	279,15 a
CV (%)	47,96

¹Solo Alta Fertilidade com aplicação de soro de leite; Solo Baixa Fertilidade com aplicação de soro de leite.

²Médias seguidas de mesma letra (na coluna) não diferem entre si pelo teste de Scott Knott ao nível de significância de 5%.

Os valores do CBMS foram maiores no solo de baixa fertilidade em relação ao solo de alta fertilidade demonstrando que a aplicação de soro de leite influenciou positivamente o crescimento da população microbiana nestes solos, independente das doses aplicadas.

Segundo estudos, quando se retiram a mata nativa, o valor inicial da CBMS é reduzido em 50%, ou seja, menor diversidade vegetal, menor biomassa implicando em valores menores de CBMS (GALHAS, 2015). Conforme Gama-Rodrigues (2008), se o solo contém baixa qualidade nutricional em sua matéria orgânica, a biomassa microbiana se encontrará sob estresse, tornando incapaz de realizar com eficácia alguma de suas funções metabólicas.

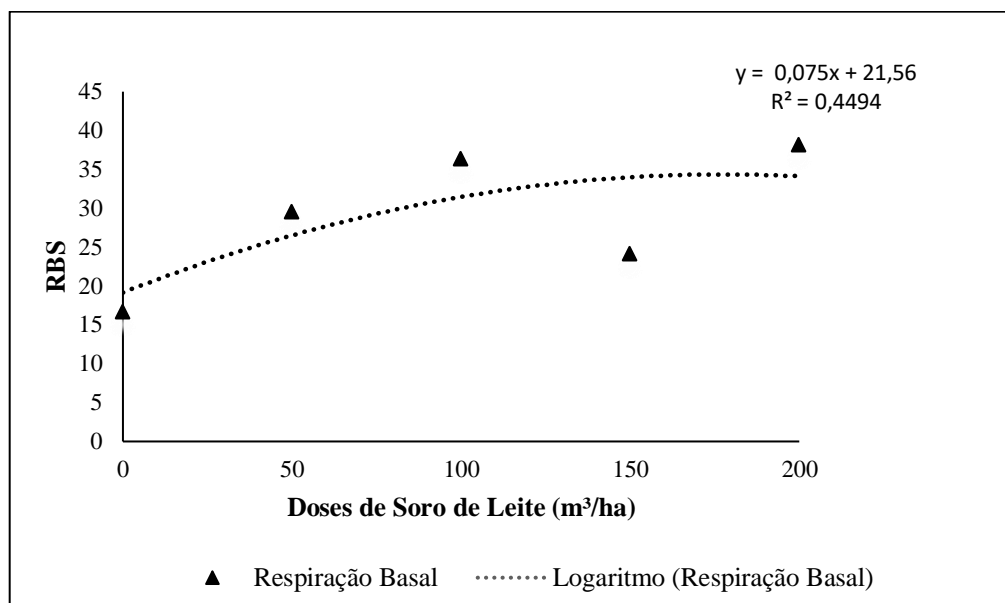
Schalleberger et al. (2019) em seu estudo com aplicação de cama de aviário, observaram que os valores referentes ao CBMS onde foi aplicado o resíduo foram menores se comparados aos da mata nativa. Nesse estudo a variação dos valores de biomassa foi de 185,68 a 513,87 mg C mic kg⁻¹ para as áreas estudadas, sendo que segundo os autores, pode se perceber, que a cama de aviário é um excelente material orgânico, porém outros fatores de manejo do solo podem ter influenciado negativamente a população microbiana.

Santos (2011) afirma em seu estudo sobre aplicação de chorume de aterro sanitário no solo que, a não apresentação de respostas no solo não é um indicativo que tudo está em perfeitas condições, o que indica é que no curto prazo da adição de determinada dose de chorume, em certo solo, não ocorrerá consequências negativas aos microrganismos presentes no solo.

Já para Paveglio (2018), apenas a maior dose de vinhaça aplicada, estimulou consideravelmente a biomassa microbiana do solo. Para os dois solos, a aplicação da vinhaça, proporcionou um aumento da população microbiana, o que mostra que o tempo de aplicação do resíduo no solo não causou impactos negativos no solo e na biomassa microbiana.

Na figura 19, está representada a respiração basal de solos de alta e baixa fertilidade com e sem aplicação de soro de leite. Conforme foi realizada a adição de soro de leite, a atividade microbiana aumentou, exceto na dosagem de $150 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ a qual apresentou um declínio.

Figura 19 - Respiração Basal em solos (baixa e alta fertilidade) com e sem aplicação de soro de leite ($0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$).



Fonte: O Autor, 2020.

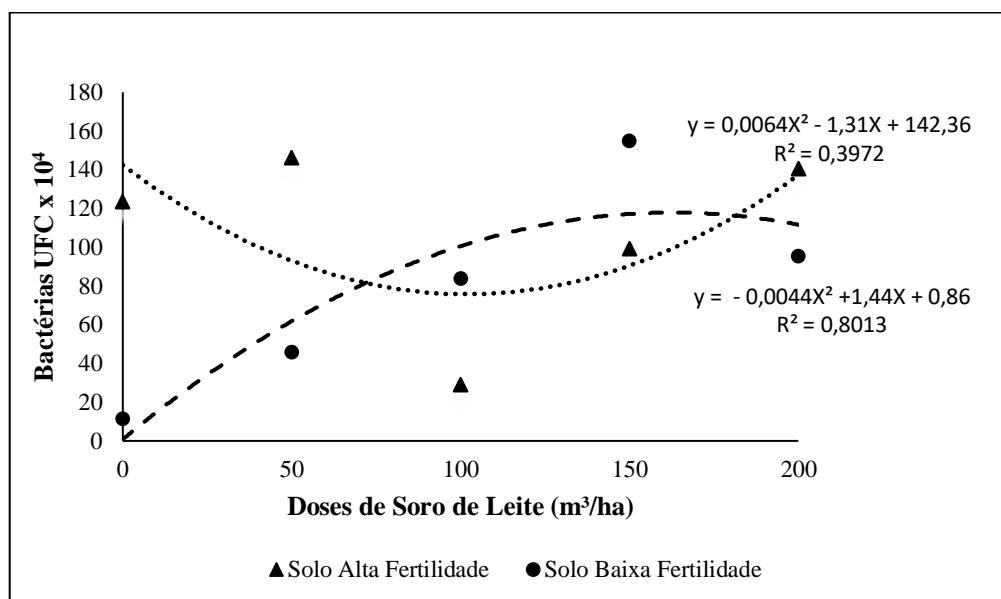
O Aumento da atividade microbiana também foi constatado, em um estudo, onde foram aplicados resíduos orgânicos, com a finalidade de melhorar a qualidade do solo, que anteriormente era utilizada para o manejo convencional de citros. Os aumentos de 60% na atividade microbiana ocorreram nos tratamentos Compostagem laminar, 80% Compostagem laminar + NPK e 110% Húmus + NPK (MOURA et al., 2015).

No entanto, uma alta atividade microbiana, não tem significado de melhorias na qualidade do solo, pelo fato de diminuir o tempo de decomposição e o tempo que a matéria orgânica ficará no solo (DIDONET; LEANDRO, 2011). Isso pode ser observado neste trabalho na redução dos teores de matéria orgânica dos solos estudados, enfatizando assim, a importância de utilizar mais de um indicador na avaliação da qualidade do solo.

Paveglio (2018), constatou em sua pesquisa, que a aplicação de vinhaça aumentou a atividade microbiana nos dois solos estudados. A respiração basal do solo foi crescente de acordo com a aplicação das doses (para cana), ou seja, a vinhaça contribuiu para o aumento da respiração, demonstrando uma enorme influência na atividade dos microrganismos, ao aplicar doses mais elevadas.

As contagens de unidades formadoras de colônias (UFC) de bactérias, com e sem aplicação de soro de leite podem ser visualizadas na Figura 20. No solo de alta fertilidade a população de bactérias representada em UFC apresentou um pequeno aumento nas dosagens de 50 m³ ha⁻¹ e 200 m³ ha⁻¹ e decaíram nas dosagens de 100 m³ ha⁻¹ e 150 m³ ha⁻¹. Já no solo de baixa fertilidade houve um aumento crescente de acordo com a aplicação das dosagens, exceto na dosagem de 200 m³ ha⁻¹ que ocorreu uma diminuição.

Figura 20 - Unidades formadoras de colônias de bactérias em solos (baixa e alta fertilidade) com e sem aplicação de soro de leite (0 m³ ha⁻¹; 50 m³ ha⁻¹; 100 m³ ha⁻¹; 150; m³ ha⁻¹; 200 m³ ha⁻¹).



Fonte: O Autor, 2020.

Neste estudo, a população de bactérias do solo foi estimulada pela presença do soro de leite no solo de baixa fertilidade mesmo nas menores doses de soro. Já nos solos de alta

fertilidade esta resposta somente ocorreu a partir da dose de $150 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ mostrando que neste solo, a população bacteriana presente no solo testemunha (sem aplicação de soro) já estava estabelecida.

No estudo de Castilho et al. (2007), as bactérias foram observadas em pequeno número em uma área que havia Pinus, com dois anos de cultivo e rejeito das minas, o que explica que onde há baixo teor de matéria orgânica há uma menor população de bactérias. Já em áreas de margem e onde havia cultivo de eucalipto, com boa cobertura, camada de restos vegetais decompostos, com boa fonte de carbono e energia, apresentou uma população maior de bactérias, pelo meio estar mais propício para a sua multiplicação.

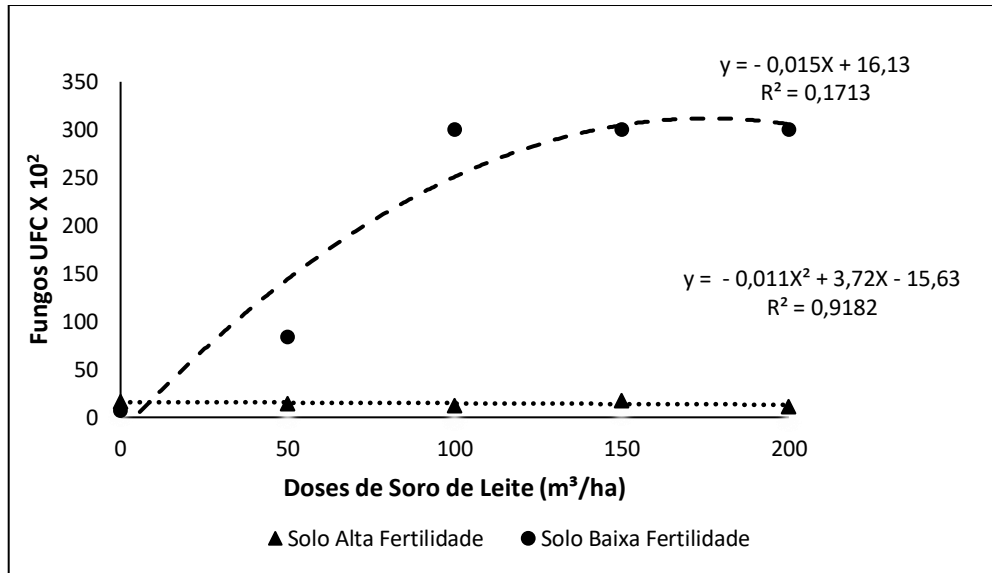
Paveglio (2018), realizou a contagem de unidades formadoras de colônias de bactérias, com e sem aplicação de vinhaça. A autora observou que nas doses que foram aplicadas o resíduo ocorreu efeitos diferenciados para os solos, em relação às bactérias. No solo que teve cultivo de cana, até a dose de $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, ocorreu um declínio nos números de colônias, comparando com o tratamento testemunha e quando se adicionou os $300 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ocorreu uma elevação no número de colônias, o que se considera um efeito positivo para as bactérias do solo. Já no solo de pastagem, o crescimento das colônias de bactérias foi heterogêneo, com o maior número de colônias na dose de $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ e menor na dose de $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, quanto maior a dose, menor o número de colônias de bactérias.

Já em outro trabalho, foi aplicado lixiviado proveniente de aterro sanitário ao solo de mata nativa, onde população de bactérias não apresentou diferença significativa entre os tratamentos (com e sem aplicação) (BINELO, 2015).

A contagem de unidades formadoras de colônias (UFC) de fungos, com e sem aplicação de soro de leite podem ser visualizados na Figura 21. No solo de alta fertilidade a contagem das UFC de fungos foi baixa e se mantiveram sem alterações significativas, mesmo com a adição das maiores doses de soro de leite. Já no solo de baixa fertilidade houve um crescente aumento de UFC de fungos, conforme o aumento das dosagens de soro de leite.

Os fungos são microrganismos que apresentam grande capacidade de degradação de material orgânico desta forma, a aplicação de soro de leite no solo de baixa fertilidade estimulou a atividade desses organismos no solo.

Figura 21 - Unidades formadoras de colônias de fungos em solos (baixa e alta fertilidade) com e sem aplicação de soro de leite ($0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; $150 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$).



Fonte: O Autor, 2020.

Para que haja um bom desenvolvimento de bactérias e fungos, há diversos fatores dos quais irão interferir, tais como, quantidade e qualidade do material orgânico e umidade do ambiente. Estes microrganismos se desenvolvem preferencialmente nas primeiras camadas do solo, onde há maior quantidade de matéria orgânica, a fim de facilitar seu desenvolvimento, porém há diversos fatores que causam estresse aos microrganismos, sendo que, ocasionará em comportamentos irregulares dos mesmos (DE MOURA et al., 2015).

Reginaldo et al. (2017), em seu estudo, atribui o crescimento das colônias de fungos à aplicação de vinhaça, e que esta contenha altíssima carga orgânica e nutrientes dos quais potencializariam o crescimento. Com isso, podemos atribuir o alto crescimento de fungos no solo de baixa fertilidade, com a aplicação do soro de leite, pelo fato destes microrganismos serem estimulados pela alta carga orgânica deste resíduo e por conter alguns nutrientes essenciais para seu crescimento.

De acordo com Moreira e Siqueira (2006), bactérias, fungos e actinomicetos são considerados decompositores primários. Com isso, solos que apresentam pH menor ou igual a 5,5 predomina a presença de fungos, como se observa nos tratamentos do solo de baixa fertilidade no qual o pH é menor que 5,5 (figura 5) e seu grande número de colônias no tratamento $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; $150 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ e $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ observado na figura 22.

Paveglio (2018), em seu estudo com aplicação de vinhaça, em solos cultivados obteve valores para unidades formadoras de colônias de fungos de $18,46 \times 10^2$ (com cana) e de $9,50 \times 10^2$ (pastagem), onde é possível observar que a população de fungos não diminuiu com a adição anual de vinhaça no solo cultivado com cana. A aplicação de vinhaça ocasiona efeitos diversos para fungos e bactérias, de acordo com a dosagem e o tempo de aplicação do resíduo.

Já Binelo (2015), ao aplicar lixiviado de aterro sanitário em solo de mata nativa, obteve redução de colônias em uma de suas dosagens, mas o efeito não foi linear com as doses do resíduo aplicado, ou seja, a população de fungos não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos.

De uma maneira geral, a aplicação de soro de leite, influenciou diretamente as características microbiológicas avaliadas, demonstrando por meio do comportamento dos microrganismos o quanto uma determinada dose de resíduo aplicado afeta positivamente ou negativamente um solo.

Neste estudo, a aplicação de soro de leite no solo estimulou a população e a atividade microbiana com respostas positivas principalmente nos solos de baixa fertilidade. Até o momento, nas doses utilizadas neste trabalho este resíduo não causou efeito tóxico à população de microrganismos do solo. Além disso, as características microbiológicas responderam mais efetivamente do que as características químicas em função da aplicação do soro de leite no solo. Assim, percebe-se a importância do monitoramento das características microbiológicas do solo, utilizando os microrganismos como bioindicadores, com o intuito de identificar e controlar alterações ocasionadas pela aplicação de resíduos, a fim de evitar impactos negativos ao solo e água.

CONCLUSÕES

A aplicação de diferentes doses de soro de leite ocasionou alterações nas características químicas e microbiológicas dos solos.

A aplicação de soro de leite influenciou de forma distinta as características químicas avaliadas com aumentos significativos nos teores de potássio e sódio e reduções nos teores de cálcio, magnésio e matéria orgânica do solo.

O soro de leite provocou aumentos na respiração basal e carbono da biomassa microbiana do solo com efeitos distintos para solos e doses aplicadas.

A aplicação de soro de leite favoreceu o crescimento de fungos e bactérias no solo de baixa fertilidade, com o aumento da população microbiana conforme houve aumento na dose do resíduo aplicado.

O estímulo no crescimento de bactérias nos solos de alta fertilidade somente ocorreu nas maiores doses de resíduo utilizadas.

A fertilidade do solo é um fator que deve ser considerado ao se aplicar resíduos no solo uma vez que, poderá influenciar na quantidade e forma de sua disposição.

Até o momento, as maiores doses aplicadas de soro de leite não estão causando contaminação do solo por elementos químicos e toxidez na população microbiana do solo.

Os indicadores microbiológicos se mostraram mais sensíveis do que os indicadores químicos ao demonstrar as alterações causadas devido à aplicação das doses de soro de leite em ambos os solos.

Novos estudos dever ser realizados à campo e com diferentes doses de soro de leite, para melhor avaliar os efeitos nas características de solos, além de realizar avaliações sobre o seu potencial poluidor e sua possível utilização como fertilizante.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, A. **Atlas Do Abastecimento De Água**. p. 2010, 2010.
- ARAÚJO, A. S. F de; MONTEIRO, R. T. R. **Indicadores biológicos de qualidade do solo**. Uberlândia, v. 23, n. 3, p.66-75, set. 2007. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6684/4403>>. Acesso em: 15 abr. 2019.
- ARAÚJO, E. A de.; KER, J. C.; NEVES, J. C. L.; LANI, J. L. **Qualidade de solos: conceitos, indicadores e avaliação**. 2012. Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias. Guarapuava PR, v.5, n. 1, p.187-206. Disponível em:< <http://revistas.unicentro.br/index.php/repaa/article/view/1658/1686>>. Acesso em: 28 abr. 2019.
- BECKER, C. R. **Tratamento de soro de queijo por método físico-químico e por método biológico aeróbio**. p. 90, 2013.
- BINELO L. A. **Efeito da Aplicação de lixiviado de aterro sanitário nas características químicas e microbiológicas do solo**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária - Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen, 2015.
- BRADY, N.C.; WELL, R.R. **The nature and properties of soils**. Prentice Hall, Upper Saddle River. 2002.
- BRAILE, P. M. R.; CAVALCANTI, J. E. W. A. **Manual de Tratamento de Águas Residuárias**. São Paulo: CETESB,1979. p.139-154.
- CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA. E. D de.; PAULINO, H. B.; SALES, L. E. de O.; VILELA, L. A. F. **Atributos indicadores de qualidade em solos de cerrado no entorno do Parque Nacional das Emas, Goiás**. 2013, v. 29, n. 6, p. 1857-1868.
- CASTILHO, L. et al. População de bactérias e fungos no solo contaminado com cobre nas Minas do Camaquã, RS, Brasil. **Ciência e Natura**, v. 29, n. 2, p. 105–114, 2007.
- CFSEMG - Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, 1999. 359 p.
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Qualidade de solo**. São Paulo, 2015. Disponível em: < <http://www.cetesb.sp.gov.br/solo/Informa%C3%A7%C3%B5es-B%C3%A1sicas/2-Defini%C3%A7%C3%A3o/>>. Acesso em: 29 mai. 2019.
- CONAMA. Resolução nº 460 de 30 de dezembro de 2013. **Altera a Resolução CONAMA n o 420, de 28 de dezembro de 2009, que dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e dá outras providências**. Disponível em:< [http:// www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=702](http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=702)>. Acesso em: 08 jun. 2020.
- COWAN, R. M.; HO, C. S. **Separating lactic acid from fermentation media with surfactant membranes**. 194 th National ACS Meeting in New Orleans, Lousiana. August 30 - September 4, 1987, p. 1-26.

CRUZ, A. R.; PEREIRA, M. G.; FERNANDES, M. M.; GIÁCOMO, R. G.; y PORTELA, L. S. 2004. **Evolução de CO₂ de serrapilheira de diferentes coberturas vegetais**. Rev. Univ. Rural, Sér. Ci. da Vida 24(2):23 - 27.

CUNHA, E. de Q.; STONE, L. F.; FERREIRA, E. P. de B.; DIDONET, A. D.; MOREIRA, J. A. A.; LEANDRO, W. M. Sistema de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho. II- atributos biológicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 2, mar. 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832011000200029&script=sci_arttext>. Acesso em: 03 jun. 2019.

DANALEWICH, J. R. et al. Characterization of dairy waste streams, current treatment practices, and potential for biological nutrient removal. *Wat. Res.* n.32(12), p. 3555-3568, 1998

DIDONET, A. D.; LEANDRO, W. M. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho. ii - atributos biológicos do solo (1). n. 1, p. 603–611, 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, EMBRAPA Produção de informação; Rio de Janeiro, EMBRAPA Solos, 2 ed. 2006. 412 p.

ERGUDER, T. H. et al. **Anaerobic biotransformation and methane generation potential of cheese whey in batch and UASB reactors**. *Wast Management.* n. 21, p. 643-650, 2001.

ERTHAL, V.J. T.; et al. **Alterações físicas e químicas de um Argissolo pela aplicação de água residuária de bovinocultura**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.* V. 14, n. 5, p. 467-477. (2010). Campina Grande- PB. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v14n5/a03v14n5>>. Acesso em: 06 maio. 2020.

FACCI, L.D. **Variáveis microbiológicas como indicadoras da qualidade do solo sob diferentes usos**. 2008. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical). Instituto Agrônomo de Pós-graduação. Campinas (SP). Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/areadoinstituto/posgraduacao/dissertacoes/pb1212006.pdf>> . Acesso em: 01Abr. 2019.

FARRO , A.P.C. & VIOTTO, L.A. **Redução do teor de gordura do soro de queijo pré-tratado por microfiltração**. In: Congresso Iberoamericano de Ciência y Tecnologia de Membranas, 4., 2003. Anais. Florianópolis, CITEM,2003.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A COMPUTER ANALYSIS SYSTEM TO FIXED EFFECTS SPLIT PLOT TYPE DESIGNS. *REVISTA BRASILEIRA DE BIOMETRIA*, [S.l.], v. 37, n. 4, p. 529-535, dec. 2019. ISSN 1983-0823. Available at: <<http://www.biometria.ufla.br/index.php/BBJ/article/view/450>>. Date accessed: 10 feb. 2020. doi: <https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>.

FERREIRA, R. P. ; RASSINI, J B ; MOREIRA, A . Toxidez de alumínio em culturas anuais. São Carlos-SP: Embrapa, 2006 (Documentos 63).

FONSECA, A. F.; HERPIN, U.; PAULA, A. M.; VICTÓRIA, R. L.; MELFI, A. J. Agricultural use of treated sewage effluents: agronomic and environmental implications and perspectives for Brazil. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 64, n. 2, p. 194-209. 2007.

FRANCISCO, J. P.; FOLEGATTI, M. V.; SILVA, L. B. D.; SILVA, J. B. G.; VALENTIM, A. D. **Variations in the chemical composition of the solution extracted from a Latosol under fertigation with vinasse**. *Revista Ciência Agronômica*, Ceará, v. 47, n. 2, p. 229-239, 2016.

Disponível em: < <http://www.redalyc.org:9081/articulo.oa?id=195344325002>>. Acesso em: 31 mai. de 2018.

GALHAS, N. D. A. S. *Tecnologia Do Sertão Pernambucano Campus Petrolina Zona Rural*. 2015.

GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. de A.; SILVA, L. S. da; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2. Ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. P. 159-170.

GOMES, M. A. F.; FILIZOLA, H. F. **Indicadores físicos e químicos de qualidade de solo de interesse agrícola**. Embrapa 2006. Jaguariúna. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/Gomes_Filizola_indicadoresID-u1keja1HAN.pdf>. Acesso em: 07 abr. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA (IBGE). Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/porto-xavier/panorama>>. Acesso em: 04 abr. de 2020.

INTELIG, R. I. O. D. E. *Agroindústria do leite*. p. 1–7, 2014.

JOSHI, S.; BHARUCHA, C.; JHA, S.; YADAV, S.; NERURKAR, A.; DESAI, A.J. **Biosurfactant production using molasses and whey under thermophilic conditions**. *Bioresource Technology*, v. 99, p. 195-199, 2008.

KHAMURUI, K.; PAL D. & RAJORHIA, G.S. **Production of ready to reconstitute beverages from Cheddar cheese whey and Kinnow mandarin juice**. *Milk Sci. Inter.*, 56: 541-600, 2001.

KNIPSCHILDT, M.E., ANDERSEN, G.G. (1994) **Drying of milk and milk products**. *Modern Dairy Technology*, 1:34-41

KOSIKOWSKI, F. V. **Whey utilization and whey products**. *J.Dairy Sci.* n. 62, p. 1149-1160, 1979.

KUWANO, B. H. **Efeitos da aplicação de lixiviado de aterro sanitário em atributos químicos, físicos e microbiológicos do solo**. 2013. 49 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2013. Disponível em: Acesso em: 01 Junho de 2019.

LIMA, L. P. D. E.; PEREZ, R. **A indústria de laticínios no Brasil – um estudo exploratório**. p. 1–13, 2017.

LOSS, A.; MORAES, A. G. de L.; PEREIRA, M. G.; SILVA, E. M. R. da; ANJOS, L. H. C dos. **Evolução e acúmulo de C-CO₂ em diferentes sistemas de produção agroecológica**. *Acta Agronômica*, v. 62, n. 3, p. 242-250, 2013. Disponível em: < <http://www.scielo.org.co/pdf/acag/v62n3/v62n3a07.pdf>>. Acesso em: 02 de jun. de 2020.

MADRID, A.; CENZANO, I.; VICENTE, J. M. **Manual de Indústrias de alimentos**. São Paulo: Livraria Varela, 1995. p. 147-168.

MANTOVANI, J. R. et al. Soro ácido de leite como fonte de nutrientes para o milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 4, p. 324–329, 2015.

MÁRCIO, C.; MESQUITA, D.; PACHECO FERREIRA, A. " **Avaliação Integrada Do Impacto Do Uso De Agrotóxicos Na Microbiota Do Solo. Estudo De Caso: Paty Do Alferes -Rj** " por. 2005.

MELO, L.C.A. **Caracterização físico-química de métodos de digestão de resíduos.** 2007. 72f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2007.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica.** 2. Ed. Lavras: Editora UFLA, 729 p. 2006. Disponível em: <<http://www.prpg.ufla.br/solos/wp-content/uploads/2012/09/MoreiraSiqueira2006.pdf>>. Acesso em: 22 mar. de 2018.

DE MOURA, Q. L. et al. Variação sazonal da população de bactérias e fungos e dos teores de nitrato e amônio do solo nos sítios do LBA e PPBio, na Amazônia oriental. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 30, n. 3, p. 265–274, 2015.

OLIVEIRA, C. DE. Impactos Ambientais Derivados de Atividades Industriais. **Centro de Ciência Exatas, Departamento de Geociências**, v. 1, p. 1–167, 2006.

OTTO, R.F.; REGHIN, M.Y. **Respostas produtivas da beterraba cultivada sob “não tecido” de polipropileno, durante o inverno de Ponta Grossa-PR.** **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.17, n.3, p.311, Resumos, 1999.

PARKIN, M.F.; MARSHALL, K.R. **Spray irrigation disposal of dairy factory effluent- a review of current practice in New Zealand.** **New Zealand Journal of Dairy Science and Technology**, v.11, p.196-205, 1976.

PAVEGLIO, S.S. **Efeito da aplicação de doses de vinhaça nas características químicas e microbiológicas de solos.** 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária - Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen, 2018.

PEDROTTI, A. et al. Causas e consequências do processo de salinização dos solos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 19, n. 2, p. 1308–1324, 2015.

PONSANO, E. G.; CASTRO-GÓMES, R. J. H. **Fermentação de soro de queijo por *Kluyveromyces fragiles* como uma alternativa para redução de sua capacidade poluidora.** **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, n. 15(1), p. 170- 173, 1995.

QUEIROZ, S. F. DE; SOARES, E. R.; KUHNEN, F. **Adubação nitrogenada associada a soro ácido de leite** CORN YIELD AS AFFECT BY NITROGEN FERTILIZATION ASSOCIATED WITH ACID. p. 235–244, 2018.

REGINALDO, E. D.; BATISTOTE, M.; SILVA, T. D. da.; SANTOS, M. do S. M.; CARDOSO, A. V.; SILVA, G. A. da.; JUNIOR, A. M. **O potencial da vinhaça no crescimento de fungos do solo.** **Revista Ciência, Tecnologia & Ambiente**, v. 6, n. 1, p. 127-132, 2017.

RÉVILLION, J. P.; BRANDELLI, A.; AYUB, M. A. Z. Produção de extrato de leveduras de uso alimentar a partir do soro de queijo: Abordagem de elementos técnicos e mercadológicos relevantes. **Ciência e Tecnologia De Alimentos**, n. 20(2), 2000.

RICHARDS, N.S.P.S. (1997) **Emprego racional do soro lácteo.** **Rev. Indústria de laticínios**, (9):67-69.

RODRIGUES, L. R.; TEIXEIRA, J.A.; OLIVEIRA, R. **Low cost fermentative médium for biosurfactant production by probiotic bactéria**. Biochememical Engineerig Journal, v.32, p. 135-142,2006.

SANTOS, A. C. dos. **Efeito da irrigação com efluente tratado de esgoto nos atributos do solo**. UFRB. Dissertação de mestrado (2011). Disponível em: <www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11140/tde-27092004-165932/.../alex.pdf>. Acesso em: 08 jun. 2020.

SANTOS, J.P.V. & FERREIRA, C.L.L.F. **Alternativas para p aproveitamento de soro de queijo nos pequenos e médios laticínios**. R. Inst. Lat. Cândido Tostes., 56:44-5-, 2001.

SANTOS, S. S dos.; SOARES, A. A.; MATOS, A. T. de.; MANTOVANI, E. C.; BATISTA, R. O. **Efeitos da aplicação localizada de esgoto sanitário tratado nas características químicas do solo**. Engenharia na agricultura. Viçosa, MG, v.14 n.1, 32-38 (2006).

SANTOS, V. M.; MAIA, L. C. **Bioindicadores da qualidade do solo**. Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica, vol. 10, p.195-223, 2013. Disponível em: <<http://www.journals.ufrpe.br/index.php/apca/article/view/397/349>>. Acesso em: 15 abr. 2019.

SCHALLEMBERGER, J. B. et al. Effect of the use of aviary litter as an organic fertilizer on the chemical and microbiological quality of the soil. **Anuario do Instituto de Geociencias**, v. 42, n. 1, p. 580–592, 2019.

SENGIK, E. **Os Macronutrientes e os Micronutrientes das plantas**, 2003.

SILVA, E. E. da; AZEVEDO, P. H. S. de, DE-POLLI, H. **Determinação do carbono da biomassa microbiana do solo (BMS-C)**. EMBRAPA, Produção de informação. Rio de Janeiro: Seropédica, 2007. (Comunicado Técnico, 98).

SILVA, E. E. da; AZEVEDO, P. H. S. de; DE-POLLI, H. **Determinação da respiração basal (RBS) e quociente metabólico do solo (qCO₂)**. EMBRAPA, Produção de Informação. Rio de Janeiro: Seropédica, 2007, 4 p. (Comunicado Técnico, 99).

SILVA, N. D. Campos dos goytacazes – rj abril – 2012. p. 55, 2012.

SILVA, R. R. DA; SIQUEIRA, E. Q. DE; NOGUEIRA, I. DE S. Impactos ambientais de efluentes de laticínios em curso d'água na Bacia do Rio Pomba. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 23, n. 2, p. 217–228, 2018.

SILVEIRA, A. de O. **Avaliação de metodologias para o monitoramento da qualidade do solo**. 2011. 87 f. Tese (Doutorado Ciência do Solo)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2011. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/61140/000864565.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 30 mar. de 2018.

SOUZA, D. M.; LOBATO, E. **Cerrado: correção e adubação**. 2ª ed. Brasília: Embrapa Cerrados, 2004. 416 p.

SCHMITZ, J.A.K. **Indicadores biológicos da qualidade do solo**. Tese de Doutorado em Ciência do Solo. Universidade Federal do Rio Grande do Rio Grande do Sul. POA: 2003. Disponível em:

<<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/3659/000402986.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 24 Mai. 2019.

SHREVE, R. N.; BRINK, Jr. J. A. **Indústria de processos químicos**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1977. p. 484-485.

TEDESCO, M. J. et al. **Análises de solo, plantas e outros animais**. 2. Ed. Porto Alegre: Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1995. 174 p. Boletim Técnico de Solos 5.

TIECHER, T.; MARTINS, A.P.; PERETTO, E.J.S.; FINK, J.R.; SANTOS, L.S.; DENARDIN, L.G.O. & TIECHER, T.L.; 2016. **Evolução e estado de fertilidade do solo no Norte do Rio Grande do Sul e Sudoeste de Santa Catarina**. Porto Alegre, UFRGS, 53 p.

TÓTOLA, M. R.; CHAER, G. M. **Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos**. In: ALVAREZ V., V. H. et al. Tópicos em ciência do solo/publicação da sociedade Brasileira de Ciências do Solo.- vol 1 (2000) – Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2000. P. 195-276.

WOLLUM, A.G. **Cultural methods for soil microorganisms**. In: PAGE, A.L.; MILLER, R.H.; KEENEY, D.R. (Ed.). *Methods of soil analysis*. Madison: Soil Science Society of America, 1992.

ZILLI, J. É.; RUMJANEK, N. G.; XAVIER, G. R.; COUTINHO, H. L. da C.; NEVES, M. C. P. **Diversidade microbiana como indicador de qualidade do solo**. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, Brasília, v. 20, n. 3, p.391-411,dez. 2003. Disponível em: <<http://seer.sct.embrapa.br/index.php/cct/article/view/8751/4927>>. Acesso em: 30 Mai. 2019.

**APÊNDICE A – MÉDIAS DO pH PARA SOLO DE ALTA E BAIXA FERTILIDADE
COM E SEM A APLICAÇÃO DE DOSES DE SORO DE LEITE**

Solo Alta Fertilidade		Solo Baixa Fertilidade	
Doses	pH	Doses	pH
0	6,8	0	5,2
50	6,7	50	4,6
100	6,7	100	4,5
150	6,7	150	4,5
200	6,7	200	4,5

APÊNDICE B – MÉDIAS DO TEOR DE ALUMÍNIO PARA SOLO DE ALTA E BAIXA FERTILIDADE COM E SEM A APLICAÇÃO DE DOSES DE SORO DE LEITE

Solo Alta Fertilidade		Solo Baixa Fertilidade	
Doses	Al	Doses	Al
0	0	0	2,4
50	0	50	2,5
100	0	100	2,3
150	0	150	1,9
200	0	200	1,7

APÊNDICE C – MÉDIAS DO TEOR DE FÓSFORO PARA SOLO DE ALTA E BAIXA FERTILIDADE COM E SEM A APLICAÇÃO DE DOSES DE SORO DE LEITE

Solo Alta Fertilidade		Solo Baixa Fertilidade	
Doses	P	Doses	P
0	12,9	0	3,4
50	15,2	50	3,3
100	12,9	100	3,6
150	12,9	150	4,1
200	12,8	200	4,1

APÊNDICE D – MÉDIAS DO TEOR DE POTÁSSIO PARA SOLO DE ALTA E BAIXA FERTILIDADE COM E SEM A APLICAÇÃO DE DOSES DE SORO DE LEITE

Solo Alta Fertilidade		Solo Baixa Fertilidade	
Doses	K	Doses	K
0	224	0	159,2
50	264,8	50	127,2
100	273,2	100	162,4
150	284	150	198
200	303,2	200	240

APÊNDICE E – MÉDIAS DO TEOR DE CÁLCIO PARA SOLO DE ALTA E BAIXA FERTILIDADE COM E SEM A APLICAÇÃO DE DOSES DE SORO DE LEITE

Solo Alta Fertilidade		Solo Baixa Fertilidade	
Doses	Ca	Doses	Ca
0	18,4	0	1,9
50	17,3	50	1,6
100	16,6	100	1,6
150	17,7	150	1,4
200	16,9	200	1,4

APÊNDICE F – MÉDIAS DO TEOR DE MAGNÉSIO PARA SOLO DE ALTA E BAIXA FERTILIDADE COM E SEM A APLICAÇÃO DE DOSES DE SORO DE LEITE

Solo Alta Fertilidade		Solo Baixa Fertilidade	
Doses	Mg	Doses	Mg
0	7,1	0	1,1
50	6,4	50	0,9
100	6,4	100	0,8
150	7	150	0,7
200	6,6	200	0,7

APÊNDICE G – MÉDIAS DO TEOR DE COBRE PARA SOLO DE ALTA E BAIXA FERTILIDADE COM E SEM A APLICAÇÃO DE DOSES DE SORO DE LEITE

Solo Alta Fertilidade		Solo Baixa Fertilidade	
Doses	Cu	Doses	Cu
0	13,7	0	10,1
50	13,9	50	9,3
100	12,9	100	8,9
150	12,7	150	9,3
200	12,6	200	8,9

APÊNDICE H – MÉDIAS DO TEOR DE ZINCO PARA SOLO DE ALTA E BAIXA FERTILIDADE COM E SEM A APLICAÇÃO DE DOSES DE SORO DE LEITE

Solo Alta Fertilidade		Solo Baixa Fertilidade	
Doses	Zn	Doses	Zn
0	16,2	0	1,3
50	16,1	50	0,9
100	14,4	100	0,9
150	12,5	150	1
200	12,9	200	0,8

APÊNDICE I – MÉDIAS DO TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA PARA SOLO DE ALTA E BAIXA FERTILIDADE COM E SEM A APLICAÇÃO DE DOSES DE SORO DE LEITE

Solo Alta Fertilidade		Solo Baixa Fertilidade	
Doses	MO	Doses	MO
0	3,5	0	3,6
50	3,5	50	3,7
100	3,2	100	3,5
150	3,1	150	3,1
200	3	200	2,9

APÊNDICE J – MÉDIAS DO TEOR DE SATURAÇÃO DE BASES PARA SOLO DE ALTA E BAIXA FERTILIDADE COM E SEM A APLICAÇÃO DE DOSES DE SORO DE LEITE

Solo Alta Fertilidade		Solo Baixa Fertilidade	
Doses	V%	Doses	V%
0	93,5	0	21,4
50	93,1	50	19,7
100	93,2	100	22
150	93,6	150	20
200	93,3	200	24

APÊNDICE K – MÉDIAS DO TEOR DE SÓDIO PARA SOLO DE ALTA E BAIXA FERTILIDADE COM E SEM A APLICAÇÃO DE DOSES DE SORO DE LEITE

Solo Alta Fertilidade		Solo Baixa Fertilidade	
Doses	Na	Doses	Na
0	12,4	0	10,8
50	160,7	50	131,3
100	212,9	100	246,8
150	430,7	150	371,9
200	619,6	200	497

APÊNDICE L – MÉDIAS DO CTC pH7,0 PARA SOLO DE ALTA E BAIXA FERTILIDADE COM E SEM A APLICAÇÃO DE DOSES DE SORO DE LEITE

Solo Alta Fertilidade		Solo Baixa Fertilidade	
Doses	CTC pH7,0	Doses	CTC pH7,0
0	27,8	0	16,6
50	26,2	50	14,7
100	25,5	100	13
150	27,1	150	13,7
200	26	200	11,4

APÊNDICE M – MÉDIAS DO CARBONO DA BIOMASSA MICROBIANA PARA SOLO DE ALTA E BAIXA FERTILIDADE COM E SEM A APLICAÇÃO DE DOSES DE SORO DE LEITE

Solo Alta Fertilidade		Solo Baixa Fertilidade	
Doses	CBMS	Doses	CBMS
0	41,05	0	318,75
50	188,35	50	259,19
100	151,33	100	292,99
150	225,38	150	152,94
200	249,53	200	371,87

APÊNDICE N – MÉDIAS UFC $\times 10^4$ DE BACTÉRIAS PARA SOLO DE ALTA E BAIXA FERTILIDADE COM E SEM A APLICAÇÃO DE DOSES DE SORO DE LEITE

Solo Alta Fertilidade		Solo Baixa Fertilidade	
Doses	Bactérias	Doses	Bactérias
0	123,5	0	11,5
50	146,3	50	46
100	29	100	84
150	99,5	150	155
200	140,5	200	95,5

APÊNDICE O – MÉDIAS UFC x10² DE FUNGOS PARA SOLO DE ALTA E BAIXA FERTILIDADE COM E SEM A APLICAÇÃO DE DOSES DE SORO DE LEITE

Solo Alta Fertilidade		Solo Baixa Fertilidade	
Doses	Fungos	Doses	Fungos
0	17	0	6,5
50	14,33	50	83,5
100	12,5	100	300
150	18	150	300
200	11,5	200	300

APÊNDICE P – MÉDIAS DA RESPRAÇÃO BASAL PARA SOLO DE ALTA E BAIXA FERTILIDADE COM E SEM A APLICAÇÃO DE DOSES DE SORO DE LEITE

Solo Alta Fertilidade		Solo Baixa Fertilidade	
Doses	RBS (7 dias)	Doses	RBS (7 dias)
0	105,02	0	109,22
50	105,85	50	110,09
100	94,95	100	98,75
150	90,76	150	94,39
200	80,69	200	83,92
Solo Alta Fertilidade		Solo Baixa Fertilidade	
Doses	RBS (14 dias)	Doses	RBS (14 dias)
0	16,44	0	17,1
50	29,02	50	30,18
100	35,73	100	37,16
150	23,78	150	24,73
200	37,41	200	38,91
Solo Alta Fertilidade		Solo Baixa Fertilidade	
Doses	RBS (21 dias)	Doses	RBS (21 dias)
0	70,39	0	88,76
50	84,63	50	53,87
100	84,63	100	35,55
150	87,15	150	62,59
200	66,2	200	26,83
Solo Alta Fertilidade		Solo Baixa Fertilidade	
Doses	RBS (28 dias)	Doses	RBS (28 dias)
0	65,02	0	53,74
50	44,08	50	43,27
100	41,56	100	51,99
150	40,72	150	35,42
200	46,59	200	45,89
Solo Alta Fertilidade		Solo Baixa Fertilidade	
Doses	RBS (35 dias)	Doses	RBS (35 dias)
0	137,42	0	137,42
50	149,99	50	149,99
100	144,13	100	144,13
150	136,58	150	136,58
200	144,96	200	144,96
Solo Alta Fertilidade		Solo Baixa Fertilidade	
Doses	RBS (42 dias)	Doses	RBS (42 dias)
0	146,64	0	88,28
50	35,61	50	111,84
100	107,26	100	124,05
150	95,94	150	89,16

200	23,04	200	118,82
Solo Alta Fertilidade		Solo Baixa Fertilidade	
Doses	RBS (49 dias)	Doses	RBS (49 dias)
0	67,17	0	82,88
50	63,68	50	80,26
100	68,92	100	74,15
150	69,79	150	76,77
200	95,96	200	77,64
Solo Alta Fertilidade		Solo Baixa Fertilidade	
Doses	RBS (56 dias)	Doses	RBS (56 dias)
0	63,86	0	52,52
50	54,26	50	53,39
100	54,26	100	54,26
150	54,26	150	52,73
200	55,13	200	31,8
Solo Alta Fertilidade		Solo Baixa Fertilidade	
Doses	RBS (63 dias)	Doses	RBS (63 dias)
0	30,97	0	18,76
50	23,12	50	97,71
100	38,82	100	86,8
150	34,46	150	47,98
200	35,33	200	88,55