

CRISTIANE FRACARO PENZIN

**POLUIÇÃO DIFUSA PROVENIENTE DAS ÁGUAS RESULTANTES
DA APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DA SUINOCULTURA NA
CULTURA DO PINHÃO MANSO, SOB CHUVA SIMULADA**

CASCADEL PARANÁ –
BRASIL
FEVEREIRO – 2017

CRISTIANE FRACARO PENZIN

**POLUIÇÃO DIFUSA PROVENIENTE DAS ÁGUAS RESULTANTES
DA APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DA SUINOCULTURA NA
CULTURA DO PINHÃO MANSO, SOB CHUVA SIMULADA**

Dissertação de mestrado apresentado ao Programa de Pós- graduação *Stricto Sensu* em Engenharia de Energia na Agricultura, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, em cumprimento aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Energia na Agricultura.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Elisandro Pires Frigo

CASCADEL PARANÁ –
BRASIL
FEVEREIRO – 2017

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Fracaro Penzin, Cristiane

POLUIÇÃO DIFUSA PROVENIENTE DAS ÁGUAS RESULTANTES DA APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DA SUINOCULTURA NA CULTURA DO PINHÃO MANSO, SOB CHUVA SIMULADA / Cristiane Fracaro Penzin; orientador Elisandro Pires Frigo. -- Cascavel, 2017.
46 p.

Dissertação (Mestrado Acadêmico Campus de Cascavel) -- Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura, 2017.

1. poluição das águas. 2. escoamento superficial. 3. água residuária de suinocultura. I. Pires Frigo, Elisandro, orient. II. Título.

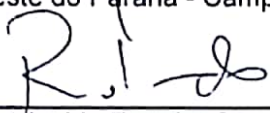
CRISTIANE FRACARO PENZIN

Poluição difusa proveniente das águas resultantes da aplicação de água residuária da suinocultura na cultura do pinhão manso, sob chuva simulada

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestra em Engenharia de Energia na Agricultura, área de concentração Agroenergia, linha de pesquisa Biocombustíveis, APROVADO(A) pela seguinte banca examinadora:


Orientador(a) - Elisandro Pires Frigo

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)


Reginaldo Ferreira Santos

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)


Jonathan Dieter

Universidade Federal do Paraná - Campus de Palotina (UFPR)

Cascavel, 14 de março de 2017

*Ao meu marido, Luiz André,
e aos meus pais, Delvino e Leonida,
por toda compreensão e dedicação
depositados nessa fase da minha vida.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela vida, por ter me sustentado espiritualmente para enfrentar os desafios dessa caminhada e por ter me apresentado pessoas especiais durante o mestrado.

Ao meu marido e companheiro Luiz André, que apesar de todas as tribulações enfrentadas nesse período, soube compreender a minha ausência por diversas semanas, enquanto eu estava em campo e laboratório, soube me acolher em meus momentos de estresse e dificuldades e, principalmente, por ser meu porto seguro e me incentivar sempre ... à você todo o meu amor.

Aos meus pais, Delvino e Leonida, não tenho palavras para descrever tanto amor e dedicação concedidos nesse período do mestrado, por todas as palavras de incentivo, pela assistência financeira e principalmente por acreditarem em mim, muito obrigada.

Aos meus irmãos Leandro e Marcelo, que são meu suporte incondicional, vocês me fizeram mais forte nessa jornada, assim como as minhas “irmãs” Seila e Monique, e ao meu cunhado Marcelo e “irmã” Soraya.

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), especialmente ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura, pela oportunidade de realização do mestrado.

À Universidade Federal do Paraná (UFPR), Setor Palotina, por toda a estrutura e apoio no desenvolvimento meu trabalho.

Ao Colégio Agrícola Estadual Adroaldo Augusto Colombo, de Palotina, por ceder o espaço para a realização do meu experimento, bem como no fornecimento de ferramentas de campo, em especial ao senhor Jonas, Valmir e ao Diretor Glauco.

Aos meus professores orientadores, Prof. Dr. Elisandro Pires Frigo e Prof. Dr. Jonathan Dieter, por todo apoio, incentivo, esclarecimento de dúvidas, suporte e amizade durante o desenvolvimento do experimento.

Aos amigos Lucas Dierings, Anderson Grzesiuck, Michel Santana, Paulo Ferreira, Alef Segalla, Lucas Valerius, João Carlos de Souza, Marco Zonta e Giordani Battisti, que me auxiliaram na instalação e coleta de dados do projeto.

Aos técnicos de laboratório da UFPR, Carine, Thompson e Fernando, e ao técnico da UNIOESTE, Edison, que contribuíram na execução e no esclarecimento de dúvidas durante as análises laboratoriais.

Ao Jiam Pires Frigo e Marcelo Remor pela dedicação e importante ajuda nas análises estatísticas.

Aos amigos da “salinha” de estudos de Palotina, Gabriela Bonassa, Lara Schneider, Paulo Cremonez, Carlos de Oliveira (Baiano) e Anderson Heydt, por todo conhecimento compartilhado, pela ajuda nas dificuldades, pelo amparo na

desconhecida Palotina e pelas boas risadas e cuias de chimarrão durante o período do mestrado.

Aos amigos Camila e Estevan, pelo apoio e pelo acolhimento durante a execução do projeto em campo e em laboratório.

Aos amigos que o mestrado me concedeu, Silvia Maccari, Natasha Barchinski Galant Lenz, Natália Pereira, Luana Celante, Eder Luiz Pellizzer, Michael Feroldi, Andressa Estevam, Késia Azevedo Frigo, Leandro Friedrich e demais colegas de turma, foi muito bom compartilhar conhecimento e aprender com vocês.

À todos que, de alguma forma, contribuíram para a conclusão do curso de Pós-graduação em Engenharia de Energia na Agricultura, obrigada.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Localização da área experimental no Colégio Agrícola	14
Figura 02 - Limpeza da área para instalação experimento	14
Figura 03 - Projeto da parcela e calha coletora.....	15
Figura 04 - Parcela e calha coletora instalada	15
Figura 05 - Distribuição das parcelas dentro da área experimental	17
Figura 06 - Aplicação das doses de ARS nas parcelas experimentais	18
Figura 07 - Tensiômetro Digital.....	18
Figura 08 – Croqui do Simulador de Chuvas InfiAsper/UFMS.....	20
Figura 09 - Média dos volumes do material escoado para o Tratamento 1, 2 e 3.....	24
Figura 10 – Média dos volumes do material escoado para o Tratamento 4, 5 e 6....	24
Figura 11 – Valores de Fósforo Total	29
Figura 12 – Valores de Fósforo Solúvel	30
Figura 13 – Valores de Nitrogênio Total	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Descrição dos tratamentos em função dos fatores e seus níveis	16
Tabela 02 – Caracterização química da ARS.....	17
Tabela 03 – Umidade do solo de cada parcela	19
Tabela 04 – Valores de densidade, porosidade total, microporosidade e macroporosidade.....	22
Tabela 05 – Análise de variância	26
Tabela 06 – Teste de Tukey.....	26
Tabela 07 – Coeficiente de correlação linear de Pearson.....	27
Tabela 08 – Carga de fósforo total no material escoado.....	29
Tabela 09 – Interação entre os tratamentos para fósforo total no material escoado.	30
Tabela 10 – Carga de fósforo solúvel no material escoado	31
Tabela 11 – Interação entre os tratamentos para fósforo solúvel no material escoado	31

PENZIN, Cristiane Fracaro. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, março de 2017. **Poluição difusa proveniente das águas resultantes da aplicação de água residuária da suinocultura na cultura do Pinhão Manso, sob chuva simulada.** Elisandro Pires Frigo.

RESUMO

As ameaças à disponibilidade e a qualidade das águas no Brasil e no mundo compreendem o crescimento populacional, a urbanização, industrialização, as formas de uso do solo, produção agropecuária, mudanças climáticas e fontes de poluição. Em inúmeras propriedades é comum observar o lançamento de dejetos animais ao solo sem que se tenha conhecimento da necessidade de nutrientes necessários tanto para o solo quanto para as culturas. Dessa forma, o presente estudo tem por objetivo avaliar o potencial de poluição das águas superficiais quando do uso de água residuária da suinocultura aplicada numa cultura de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) em função de diferentes níveis de precipitação pluvial e da fertirrigação, de modo a fornecer resultados que orientem a otimização do uso de dejetos líquidos pelos produtores, minimizando custos e impactos ambientais. O experimento foi desenvolvido no Colégio Agrícola do município de Palotina – PR. As 18 (dezoito) parcelas experimentais foram projetadas e construídas numa área de 900m², com uma calha coletora acoplada a parcela para receber somente o escoamento superficial gerado pela precipitação simulada. A água residuária foi analisada quimicamente de acordo com a metodologia de APHA, AWWA e WEF (1998) e amostras do escoado foram coletadas após a ocorrência de precipitação. O delineamento experimental utilizado foi a análise fatorial inteiramente casualizada com repetições, sendo seis tratamentos com três repetições. Os resultados submetidos à análise de variância com comparação de médias pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância. Para verificação da normalidade dos dados e homogeneidade das variâncias utilizou-se o software Minitab, versão 16. As doses aplicadas de água residuária de suinocultura foram na proporção de 80 e 160 m³ ha⁻¹. Os resultados mostraram que a intensidade de precipitação de 90 mm favoreceu o maior escoamento superficial em comparação a precipitação inferior e que a presença de ARS exerceu influência no volume escoado, demonstrando que doses a partir de 80 m³ há⁻¹ favorecem o escoamento superficial em função do selamento causado no solo pelo material orgânico presente na ARS.

PALAVRAS-CHAVE: poluição das águas, escoamento superficial, água residuária de suinocultura

PENZIN, Cristiane Fracaro. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, march, 2016. **Diffuse pollution from water from the wastewater application of swine in the *Jatropha* culture under simulated rain.** Elisandro Pires Frigo.

ABSTRACT

Threats to availability water quality in Brazil and in the world include population growth, urbanization, industrialization, forms of land use, agricultural production, climate change and pollution sources. In many properties it is common to observe the release of animal waste to the soil without having knowledge of the need for nutrients needed for both the soil and the tilth. Thus, this study aims to evaluate the potential for pollution of surface water when the wastewater use of swine applied on *Jatropha* (*Jatropha curcas L.*) due to different levels of rainfall and fertigation to provide results to guide the optimization of the use of liquid waste by producers, minimizing costs and environmental impacts. The experiment was conducted at the Agricultural College in Palotina - PR. The 18 (eighteen) experimental plots were designed and built in an area of 900 m², with a collector trough coupled to the parcel to receive only the surface runoff generated by the simulated precipitation. The wastewater was analyzed chemically according to the methodology of APHA, AWWA and WEF (1998) and samples of the drainage were collected after the occurrence of precipitation. The experimental design was completely randomized with replicates, being six treatments with three replicates. The results were submitted to analysis of variance with Tukey test at the 5% level of significance. In order to verify data normality and homogeneity of variances, the software Minitab, version 16 was used. The applied doses of swine waste water were in the proportion of 80 and 160 m³ ha⁻¹. The results showed that the precipitation intensity of 90 mm favored the higher surface runoff compared to the lower precipitation and that the presence of ARS exerted influence on the flow volume, demonstrating that doses from 80 m³ ha⁻¹ favor surface runoff in function Of the sealing caused in the soil by the organic material present in ARS.

PALAVRAS-CHAVE: water pollution, Surface runoff, swine wastewater

ÍNDICE

RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	vii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 Atividade da Suinocultura no Brasil	3
2.2 Aproveitamento da Água Residuária de Suinocultura (ARS).....	5
2.3 Poluição difusa via escoamento superficial	7
2.4 Fósforo e Nitrogênio como poluentes ambientais	8
2.5 Chuva simulada.....	10
2.5 Pinhão Manso	12
3. MATERIAL E METODOS	13
3.1 Descrição da área de estudo – características gerais	13
3.2 Limpeza da área	13
3.3 Construção e instalação das parcelas experimentais e calhas coletoras ...	14
3.4 Descrição dos tratamentos	16
3.5 Aplicação da água residuária da suinocultura	17
3.6 Tensiômetro	18
3.7 Simulação da intensidade de precipitação	19
3.8 Coleta do material escoado	21
3.9 Análise do material escoado	21
3.10 Análise do solo	22
3.11 Delineamento estatístico	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1 Volume do material escoado	24
4.2 Análise do Fósforo	28
4.3 Análise do Nitrogênio	32
5. CONCLUSÕES	33
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso essencial na manutenção da vida terrestre. A maior parte da água doce é destinada para a agricultura e produção industrial, que são responsáveis pelo uso de, aproximadamente, 70% e 20%, respectivamente, do total utilizado. Essa água provém da superfície e de profundos lençóis subterrâneos, que cada vez são mais comprometidos diante do grande aumento da poluição hídrica e da necessidade de destinação adequada dos efluentes líquidos provenientes das atividades industriais e agrícolas. A poluição tem sido o principal fator de deterioração desse recurso, seja de fontes pontuais e/ou difusas.

A água é um bem escasso que precisa ser preservado para assegurar sua disponibilidade tanto em quantidade quanto em qualidade. Conforme citado, a agropecuária, além de ser o setor que mais consome água, é considerado também o que mais desperdiça, principalmente no sistema de irrigação. Na produção animal a água é considerada como fator de produção.

O reuso da água na agricultura apresenta-se como uma importante alternativa para a conservação dos mananciais e dos recursos hídricos, optando pelo uso de águas com qualidade inferior, como águas residuais, de drenagem agrícola e atividades agropecuárias, entre outras fontes, reduzindo o lançamento de efluentes e a captação de água superficiais e subterrâneas, disponibilizando a água para usos mais exigentes, como o abastecimento público.

A aplicação de dejetos no solo como fertilizante orgânico é uma forma de disponibilizar nutrientes às plantas, reaproveitando a água residual da atividade agropecuária que seria descartada como rejeito. O Brasil é um grande produtor de suínos, informação que favorece essa prática, todavia, é indispensável atentar para os cuidados na utilização dos dejetos no sentido de prevenir problemas de contaminação do meio, seja pelas altas quantidades aplicadas, somados a territórios com relevos acidentados, ou mesmo pela ocorrência de precipitações pluviais em solos com pouca cobertura e baixa permeabilidade. Caso esses fatores não sejam considerados, pode-se ocasionar poluição difusa pelo escoamento superficial e lixiviado, desencadeando impactos ambientais e econômicos na propriedade.

Em meio as culturas agrícolas brasileiras, algumas culturas têm recebido notoriedade, em especial as oleaginosas, que são fornecedoras de matéria prima para

produção de biodiesel. Dentre elas, a cultura do pinhão manso (*Jatropha curcas L.*) se destaca por ser uma planta perene, resistente ao estresse hídrico, com sementes ricas em óleo e de fácil colheita. Assim como em outras culturas, a alta produtividade de pinhão manso requer solos férteis e com boas condições físico-químicas. Logo, a correção da fertilidade e da acidez do solo garantem uma boa produção e aumentam a qualidade do óleo extraído.

Dessa forma, o objetivo do trabalho é avaliar a poluição difusa proveniente do escoamento superficial decorrente da aplicação de água residuária da suinocultura, aplicada em área cultivada com pinhão manso, sob condição de chuva simulada, de modo fornecer resultados que orientem a otimização do uso de dejetos líquidos pelos produtores, minimizando custos e impactos ambientais.

2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

A suinocultura brasileira expandiu fortemente no cenário atual em função, principalmente, do desenvolvimento tecnológico da atividade com a finalidade de aumentar a produtividade e reduzir os custos de produção.

Conforme dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2016), o Brasil encontra-se na quarta colocação no ranking de produção e exportação mundial de carne suína. Em relação a produção da pecuária, o IBGE (2015) aponta que o Brasil possui um rebanho de 40,33 milhões de suínos, dos quais 49,3% encontra-se na região Sul do país. Ainda, o município de Toledo (PR) detém o maior efetivo de suínos dos três estados. O aprimoramento de todo o processo produtivo elevou a oferta interna da carne, garantindo posição de destaque para o País no cenário mundial.

Considerando a intensificação da atividade suinícola, entretanto, outros aspectos foram diagnosticados. Barreto e Campos (2009) cita que essa atividade agropecuária se tornou ambientalmente poluidora devido à elevação da quantidade de dejetos produzidos, contaminando as águas e os solos, além de prejudicar a qualidade do ar por meio da emissão de maus odores e da proliferação de insetos, ocasionando incômodos à população. Conforme destacam Hack, Saturnino, Meinerz *et al* (2011), essa circunstância desencadeou-se especialmente pela carência de informações técnicas por parte dos produtores, que anterior a crescimento do mercado da carne suína e seu fator de renda, trabalhavam com a produção de suínos culturalmente para sua subsistência, sem qualquer ônus e/ou instrução sobre a questão ambiental, e também pela ausência de fiscalização pelos órgãos ambientais.

Perdomo (1999) afirma que a quantidade de resíduos gerados na suinocultura varia de acordo com o tamanho do rebanho e as práticas de manejo, que incluem desperdícios de bebedouros e a quantidade de água utilizada na limpeza de baias e animais. Ainda, segundo o mesmo autor, cada sistema de produção gera uma quantidade diferenciada de dejetos: na produção de leitões calcula-se que são gerados 60 L/matriz.dia; para o Ciclo Completo observa-se a produção média de 100 L/matriz.dia e no caso de Terminação, a quantidade de dejetos gerada é 7,5 L/cabeça.dia, em média. Tendo em vista esses dados, constata-se ser imprescindível o manejo adequado dos resíduos da produção animal na condição de preservar o meio

ambiente de possíveis degradações.

O tratamento dos dejetos suínos orienta-se pela coleta e armazenagem adequada dos resíduos, respeitando o período de retenção do material conforme estabelecido por Lei, e pela sua disposição adequada no solo ou recursos hídricos.

O tratamento anaeróbio se configura como uma maneira de tratar os dejetos de suínos para aproveitamento na agricultura, no qual, por meio da atuação de microorganismos, o material orgânico é degradado tendo como subprodutos o biogás, utilizado como fonte de energia, e o líquido efluente que pode ser aplicado na fertirrigação de culturas agrícolas (KAMIMURA, OLIVEIRA, QUINTANILHA *et al*, 2015).

Baseado nas características químicas, a aplicação da água residuária de suinocultura (ARS) como fertilizante assegura que os elementos químicos presentes no líquido fiquem disponíveis para absorção pelas plantas, do mesmo modo como ocorre com os fertilizantes industrializados. O esterco líquido de suínos é constituído por grandes concentrações de material carbonáceo e altos teores de nitrogênio (N) e fósforo (P) (SANTOS, SCHMIDT, BITENCOURT *et al*, 2007).

Segundo Perdomo, Costa, Medri *et al* (1999): “a adubação com dejetos suínos é considerada tão importante para a melhoria da aeração, retenção de água, porosidade e da atividade microbiana do solo, como fornecedora de nutrientes às plantas”. Contudo, segundo os autores, se faz necessário avaliar a quantidade e o período de aplicação do fertilizante para o melhor aproveitamento dos nutrientes pelo solo e pelas plantas. Do mesmo modo Durigon, Ceretta, Basso *et al* (2002) concordam a respeito da aplicação cautelosa em solos agrícolas, considerando importante um arranjo harmonioso entre os princípios da ciência do solo, da saúde pública, da hidrologia e da economia.

Na técnica de rotação de aveia preta/milho/nabo forrageiro, utilizando aplicações de água residuária nas doses de 0, 20, 40 e 80 m³ ha⁻¹, antes da semeadura das culturas, Ceretta *et al*. (2005b) constatou um aumento no rendimento de grãos de milho, respectivamente, iguais a 193, 317 e 439% no primeiro ano.

Além da aplicação dos dejetos em culturas anuais, uma parte dos agricultores escolhe aplicá-los em pastagem natural, de acordo com a época do ano (BERWANGER, 2006). Conforme com os resultados obtidos por Durigon, Ceretta, Basso *et al* (2002) a aplicação do esterco líquido contribuiu no aumento da produção de massa seca, ao final de 48 meses de experimento, tendo os percentuais de

acréscimo atingido 109 e 155 % com as doses de 20 e 40 m³ ha⁻¹, respectivamente, em pastagens naturais.

No que tange as propriedades físicas do solo, os autores possuem opiniões diferenciadas sobre a aplicação da água residuária. Campelo (1999) observou que a aplicação de água com diferentes concentrações de sólidos totais (0, 0,3, 4,9, 16,3 e 27,7g L⁻¹), em solo Podzólico Vermelho-amarelo, ocasiona o selamento superficial do solo diante da aplicação de grandes taxas e a concentração de sólidos totais supera o valor de 15 g L⁻¹. Comparando a aplicação de esterco de aves com o dejetos líquido, Edwards e Daniel (1993) constataram a ocorrência do escoamento superficial três vezes maior nas parcelas submetidas à aplicação dos dejetos, atribuindo esse efeito às finas partículas presentes na água residuária, que selam a superfície do solo.

Em contrapartida, aspectos positivos da utilização de dejetos de suínos são relatados quanto à diminuição nas perdas de sedimento (BUNDY; ANDRASKI; POWELL, 2001, ANDRASKI; BUNDY; KILIAN, 2003, GESSEL et al., 2004). Em relação aos aspectos químicos, Grossi, Homem, Barroca et al (2014), constataram que o teor de fósforo aderido aos óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio no solo teve uma diminuição em suas camadas, tornando-se menos sujeito as reações de adsorção e fixação pelos óxidos de ferro e alumínio presentes no solo tornando-se disponível para as plantas, caracterizando-se como um aspecto positivo quando comparado aos fertilizantes minerais.

A utilização de ARS pode estimular algumas modificações na biologia do solo como a redução do potencial osmótico originado pelos elevados teores de sais, pelo acúmulo de metais pesados, pela alteração da temperatura do solo e aumento no aporte de matéria orgânica (DIETER, 2009).

2.1 Poluição difusa devido à aplicação de dejetos líquido de suíno

A suinocultura é considerada uma atividade com grande potencial poluidor, devido a composição e quantidades de dejetos gerado pelos animais. Deparando-se com essa realidade, se faz essencial um planejamento no gerenciamento e controle de resíduos antes de iniciar a atividade (KAMIMURA, OLIVEIRA, QUINTANILHA et al, 2015).

Perdomo (1999) explica que a determinação do volume de dejetos, baseado no tamanho do rebanho, práticas de manejo adotadas e tempo de operação são

fatores importantes para a caracterização da atividade e planejamento das instalações. O manuseio inadequado dos resíduos da suinocultura pode contaminar os recursos hídricos superficiais (eutrofização), os lençóis subterrâneos (aumento da concentração do íon nitrato), o solo (patógenos e excesso de nutrientes) e o ar (efeito estufa e mau odor) (KUNZ, HIGARASHI; OLIVEIRA, 2005).

O crescimento da produtividade das culturas por meio da utilização de adubos orgânicos está relacionado com a melhoria nas condições químicas, físicas e biológicas do solo em virtude dos efeitos proporcionados na matéria orgânica (Kiehl, 1985). Entretanto, ainda que esses dejetos sejam fontes de nutrientes (EVANS; GOODRICH; MUNTER, 1977, SCHERER; AITA; BALDISSERA, 1996, CERETTA *et al.*, 2005a), pode-se dizer que se tratam de fertilizantes não balanceados, em virtude das diferenças nutricionais das plantas em relação a oferta dos nutrientes pelo solo, ar e água (HOUNTIN *et al.*, 2000, CERETTA *et al.*, 2003, BERWANGER; CERETTA; SANTOS, 2008). Consequentemente, esses elementos em excesso possuem grande potencial contaminante por serem transportados facilmente pelo escoamento superficial para os corpos d'água, ocasionando uma poluição não pontual ou difusa (TIMOFIECSYK, 2009).

A disposição de dejetos sucessivamente, em quantidades acima da necessidade real das culturas, resulta no acúmulo de nutrientes na superfície do solo sem incorporação (SCHERER, NESI, MASSOTTI, 2010), expondo os mananciais de água a sérios problemas.

Baseado no contexto citada, no caso de aplicações contínuas, e dependendo do tempo de aplicação, da composição e da quantidade de dejetos aplicados, além do tipo de solo e da capacidade de extração das plantas, podem ocorrer desequilíbrios nutricionais no solo e se tornar um problema de maiores proporções (BARROS *et al.*, 2005). Estudos desenvolvidos por Ceretta *et al.* (2005a) apresentaram perdas de nutrientes via escoamento superficial, especificamente de nitrogênio e fósforo em solo com a técnica de plantio direto, conforme incremento das doses aplicadas.

2.2 Fósforo e Nitrogênio como poluentes ambientais

Por ser fixado amplamente nas partículas do solo, o fósforo (P) possui pouca mobilidade no solo, acarretando em perdas desse elemento principalmente por meio da erosão, que transporta as partículas do solo e o fósforo ligado a elas (GATIBONI,

SMYTH, SCHMITT, *et al*, 2014).

O fósforo e nitrogênio são os elementos mais presentes no processo de eutrofização, sendo o nitrogênio fixado simbioticamente por algas a partir do N₂ atmosférico e o fósforo considerado limitante na maioria dos ambientes aquáticos na produção biológica (CORRELL, 1998, DANIEL; SHARPLEY; LEMUNYON, 1998). Dieter (2013) corrobora o fato da eutrofização causar desequilíbrio ecológico, visto que o sistema se torna incapaz de decompor a matéria orgânica a partir de certo ponto. O autor ainda cita que as principais alterações nas condições físico-químicas do meio (aumento da concentração de nutrientes, alterações significativas no pH em curto período de tempo, aumento da concentração de gases, como metano e gás sulfídrico) e biológicas (alterações na diversidade e na densidade dos organismos), prejudicam a potabilidade da água e comprometem sua qualidade para outros usos.

Ao calcular as dosagens de dejetos animais para aplicação, normalmente considera-se a quantidade de nitrogênio (POTE *et al.*, 1999) em razão da proporção do nitrogênio e do fósforo nos dejetos serem diferenciadas (2:1 a 6:1) comparadas ao consumo das culturas (7:1 a 11:1), o que acarreta o transporte de boa parte do fósforo para o meio aquático. A volatilização do nitrogênio também influencia no desequilíbrio da dosagem (SHARPLEY; HALVORSON, 1994, SHARPLEY *et al.*, 1996).

O aumento nas concentrações de fósforo no solo pode diminuir sua capacidade de absorção (REDDY *et al.*, 1980), elevando a capacidade de perda de P pelo fluxo lateral e vertical de água no solo (McLEOD; HEGG, 1984). O Brasil adota, por meio da Resolução 357/2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente, os valores limites de fósforo total na água, que vão de a 0,020 à 0,075 mg L⁻¹ nas classes 1, 2 e 3 (BRASIL, 2005).

2.3 Poluição difusa via escoamento superficial

O excesso de fósforo (P) na camada superficial do solo é um dos principais motivos de transferência via escoamento superficial (DURIGON *et al.*, 2002, CERETTA *et al.*, 2003, CERETTA *et al.*, 2005a). Gatiboni, Smyth, Schmitt, *et al* (2014) discutem acerca da fertilização fosfatada. Eles explicam que se o teor de P pela avaliação do solo é muito baixo, consequentemente o rendimento das culturas

também será baixo pela deficiência do nutriente, entretanto, ao incluir maiores cargas de P, até um certo limite, as culturas melhoram seu rendimento, mas após o incremento necessário, o teor de P no solo atinge o chamado nível crítico, pois deixa de ser um fator limitante para o crescimento das plantas, liberando P do solo para a água.

A transferência do fósforo do sistema terrestre para o ambiente aquático acontece durante o escoamento superficial, transportando o P de duas formas: via fósforo solúvel (PS) e via fósforo particulado (PP) (SHARPLEY; HALVORSON, 1994, SHARPLEY; HEDLEY; SIBBESEN, 1995). O método utilizado na separação das duas formas de fósforo é a filtração das amostras em membranas com diâmetro de poro inferior a 0,45µm (SHARPLEY, HALVORSON, 1994).

Algumas pesquisas demonstram que fósforo ligado aos colóides do solo é maior no sistema de agricultura convencional em comparação ao sistema de plantio direto, que reduz as perdas desse nutriente (McDOWELL; MCGREGOR, 1984; SETA *et al.*, 1993, BERTOL *et al.*, 2003, LEITE *et al.*, 2004, BERTOL *et al.*, 2004). Entretanto, Seta *et al.* (1993), Yli-Halla *et al.* (1995) e Heathwaite, Sharpley e Gburek (2000), afirmam que as medidas de conservação que diminuem a erosão do solo, não obrigatoriamente reduzem a eutrofização, pois as transferências de fósforo solúvel continuam altas. Seta *et al.* (1993) e Andraski, Bundy e Kilian (2003) também afirma que mesmo que a concentração de fósforo é aumentada a quantidade de fósforo transferida é inferior no sistema de plantio direto e com a aplicação de dejetos.

O intervalo de tempo entre a aplicação do adubo no solo e a ocorrência das chuvas, bem como sua quantidade, exercem influência nos resultados de perdas de nutrientes (SHARPLEY *et al.*, 1994, SHARPLEY; MCDOWELL; KLEINMAN, 2001, PIERSON *et al.*, 2001, CERETTA, 2005a). Doblinski (2006) concluiu que o comportamento dos macronutrientes carregados pelo escoamento superficial é tipicamente exponencial e que o fósforo possui uma capacidade poluidora em função do escoamento superficial cerca de três vezes maior que o nitrogênio total e sete vezes maior que o potássio.

2.4 Chuva simulada

A chuva influencia diretamente a escolha de um sistema adequado de manejo de solo e água devido os processos de infiltração, escoamento superficial da água e

erosão do solo (DAL BOSCO, 2007).

Estudos sobre o efeito das chuvas nas propriedades do solo são difíceis de serem realizados com chuva natural, uma vez que não se tem controle sobre a duração, intensidade, distribuição e tipo de chuva. Como alternativa, a utilização de simuladores de chuvas permite monitorar essas características e têm a vantagem de serem utilizados a qualquer tempo.

De acordo com Brandão *et al.* (2006), o simulador de chuva é um equipamento no qual promove a aplicação da água por aspersão com uma intensidade superior à capacidade de infiltração do solo, exceto para um curto intervalo de tempo, logo após o início da precipitação. Os autores informam que a área de aplicação de água é delimitada por placas metálicas, de modo que a taxa de infiltração pode ser obtida pela diferença entre o total aplicado e o escoamento superficial ocasionado.

Os equipamentos utilizados para determinação da velocidade de infiltração de água no solo, são denominados infiltrômetros e podem ser classificados em infiltrômetros com aplicação de água por inundação, ou infiltrômetros de anéis, e infiltrômetros com aplicação de água por aspersão, chamados de simuladores de chuva (PINTO, HOLTZ E MARTINS, 1976).

Souza (2004) e Montebeller *et al.* (2001) descrevem que os simuladores de chuva já vêm sendo utilizados em estudos de manejo de solo há bastante tempo, por permitirem a simulação de condições típicas da chuva natural, tais como intensidade, duração, frequência da precipitação, velocidade de impacto e distribuição do tamanho e direção das gotas da chuva.

Alves Sobrinho (1997) afirmou que os simuladores têm sido usados para estudar características de infiltração, escoamento superficial e produção de sedimentos. Já Nascimento (2005) assegura que o uso de simuladores de chuva tem crescido principalmente na realização de estudos de infiltração de água e escoamento superficial, já que possibilita a comparação com a chuva natural na avaliação da energia cinética que impacta no solo.

Brandão *et al.* (2006) apontaram as características principais que devem ser atendidas pelos simuladores de chuva, com base no estudo de Meyer (1994), por eles citado:

- Distribuição do tamanho de gotas similar à das chuvas naturais que, em média, apresentam diâmetros variando entre 1 e 3 mm;

- Velocidade de impacto das gotas próxima à das chuvas naturais que, em média, apresentam valores que variam de 6 a 7 m s⁻¹ para gotas com, aproximadamente, 2 mm de diâmetro;
- Energia cinética das precipitações simuladas próxima a das precipitações naturais (a relação entre a energia cinética da precipitação simulada e aquela da chuva natural deve ser superior a 75%);
- Intensidade de precipitação na faixa de interesse de estudos hidrológicos, geralmente compreendidas entre 12 e 120 mm h⁻¹;
- Área de aplicação da chuva de tamanho suficiente para representar os tratamentos e condições a serem avaliadas;
- Intensidade de precipitação e características das gotas uniformes na área de aplicação da chuva simulada;
- Gotas da chuva simulada devem atingir a parcela em estudo de forma contínua;
- O ângulo de impacto da maior parte das gotas não deve diferir expressivamente da direção vertical;
- Possibilidade de repetição da aplicação de uma mesma chuva simulada;
- Manutenção satisfatória das características da chuva quando usados em condições comuns de campo, tais como altas temperaturas e ventos moderados;
- Portabilidade para movimentação de uma área de pesquisa para outra.

A finalidade do simulador de chuva se evidencia em estudos com condições controladas, nas quais se deseja estudar diversas variáveis com precisão.

2.5 Pinhão Manso

O pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) é um arbusto perene, de crescimento rápido, caducifólico, que pode atingir até 5 m de altura. De flores pequenas, amarelo-esverdeadas, cujo fruto é uma cápsula com três sementes escuras lisas, dentro das quais se encontra a amêndoa branca, tenra e rica em óleo (ARRUDA *et al*, 2004). É uma planta oleaginosa com viabilidade para a obtenção do biodiesel, pois produz, no mínimo, duas toneladas de óleo por hectare, levando de três a quatro anos para atingir a idade produtiva, estendendo-se por mais de 40 anos.

Ainda, segundo Arruda *et al* (2004), a possibilidade de crescimento das áreas de plantio da cultura do pinhão manso expandiu-se devido a possibilidade do uso do óleo na produção do biodiesel, especialmente no semiárido nordestino, por ser uma espécie nativa, exigente em insolação e com forte resistência a seca. Além disso, é de fácil manejo e colheita das sementes, viabilizando a cultura para pequenas propriedades rurais, com mão-de-obra familiar, sendo mais uma fonte de renda e emprego.

Santos *et al* (2012) reconhece que o incentivo em pesquisas para conhecimento e domesticação dessa espécie ocorreu pelo interesse na utilização de outras matérias-primas oleaginosas que não a soja.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento consistiu na análise do escoamento superficial originado da simulação de chuva em parcelas instaladas em uma área com cultivo de pinhão manso, que receberam aplicação de água residuária proveniente da suinocultura.

3.1 Descrição da área de estudo - características gerais

O trabalho foi conduzido em uma área experimental do Colégio Agrícola Estadual Adroaldo Augusto Colombo, município de Palotina – PR, cujas coordenadas geográficas são de 24° 12' latitude sul, de 53° 50' 30 " longitude oeste (Greenwich), com altitude média de 332 metros. O clima da região é definido como Subtropical úmido (segundo a classificação de Köppen), com verões quentes e invernos frios ou amenos. Geadas são frequentes no período mais frio, podendo acontecer no período entre o fim de maio e o início de setembro. A média anual de temperatura é de 20°C. Segundo EMBRAPA (1999), o solo apresenta textura argilosa, classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico.

3.2 Limpeza da Área

O primeiro passo para a instalação do experimento foi a limpeza da área. As parcelas experimentais foram projetadas e construídas numa área de cultivo de pinhão manso, contando com 900 m², conforme a Figura 1.



Figura 1 – Localização da área experimental no Colégio Agrícola.
Fonte: Imagem do Google Earth (2016).

A área encontrava-se com muitos arbustos altos entre os pés de pinhão manso. Para que se pudesse instalar as parcelas, foi necessário a retirada desses arbustos e limpeza do solo, como mostra a Figura 2.



Figura 2 – Limpeza da área para instalação experimento.
Fonte: O Autor.

3.3 Construção e instalação das parcelas experimentais e calhas coletoras

Foram instalados em campo 18 (dezoito) parcelas experimentais/calhas coletoras. As calhas foram construídas em chapas de aço galvanizado, com área útil da parcela experimental igual a $0,70 \text{ m}^2$. Elas foram projetadas para serem acopladas

à parcela experimental e receber somente o escoamento superficial gerado pela precipitação simulada, sob cada parcela experimental, e conduzi-lo até o recipiente coletor. Na parte superior da calha coletora havia uma abertura para facilitar a retirada do solo erodido (Figura 3).

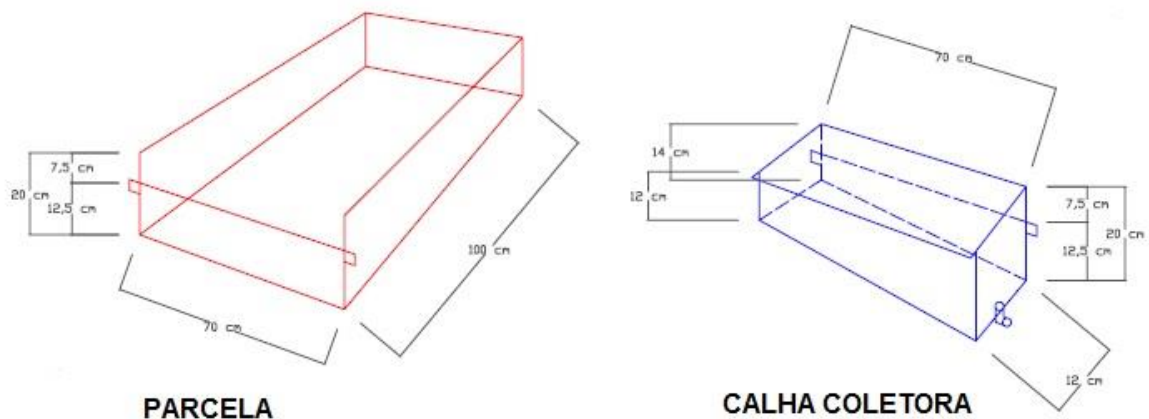


Figura 3 – Projeto da parcela e calha coletora
Fonte: O Autor.

Cada parcela experimental foi cravada no solo com auxílio de um gabarito construído em madeira o qual recebeu a aplicação da força necessária para a penetração da parcela experimental ao solo sem danificá-la. Esse processo foi realizado com muito cuidado para mobilizar a menor quantidade possível de solo.

Após a inserção da parcela experimental no solo, foi acoplada a calha coletora na extremidade, a favor do desnível. Em seguida, se procedeu a abertura de uma vala com declive para acomodação da mangueira coletora que conduziu o escoamento superficial até o local de coleta. Na Figura 4 é possível observar uma parcela instalada no solo e na Figura 5, parte do experimento instalado na área do pinhão manso.



Figura 4 – Parcela e calha coletora instalada.

Fonte: O Autor.



Figura 5 – Área do pinhão manso com algumas parcelas instaladas.

Fonte: O Autor.

Finalizada a instalação, foi determinada a declividade de cada parcela utilizando uma mangueira com nível de água e régua para medição e posterior realização dos cálculos.

3.4 Descrição dos tratamentos

Os tratamentos empregados no experimento foram compostos da seguinte forma: água residuária da suinocultura (ARS) em três níveis (0, 80 e 160 m³ ha⁻¹); intensidade de precipitação (Ip) simulada em dois níveis (60 e 90 mm h⁻¹), compondo,

portanto, 6 tratamentos com três repetições cada, totalizando 18 parcelas experimentais.

Na Tabela 1 apresenta-se o resumo dos tratamentos.

Tabela 1 - Descrição dos tratamentos em função dos fatores e seus níveis

Tratamento	ARS ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$)	Ip simulada (mm h^{-1})
T1	0	60
T2	80	60
T3	160	60
T4	0	90
T5	80	90
T6	160	90

A distribuição das parcelas na área experimental, assim como a distribuição dos tratamentos na área do pinhão manso apresenta-se na Figura 6.

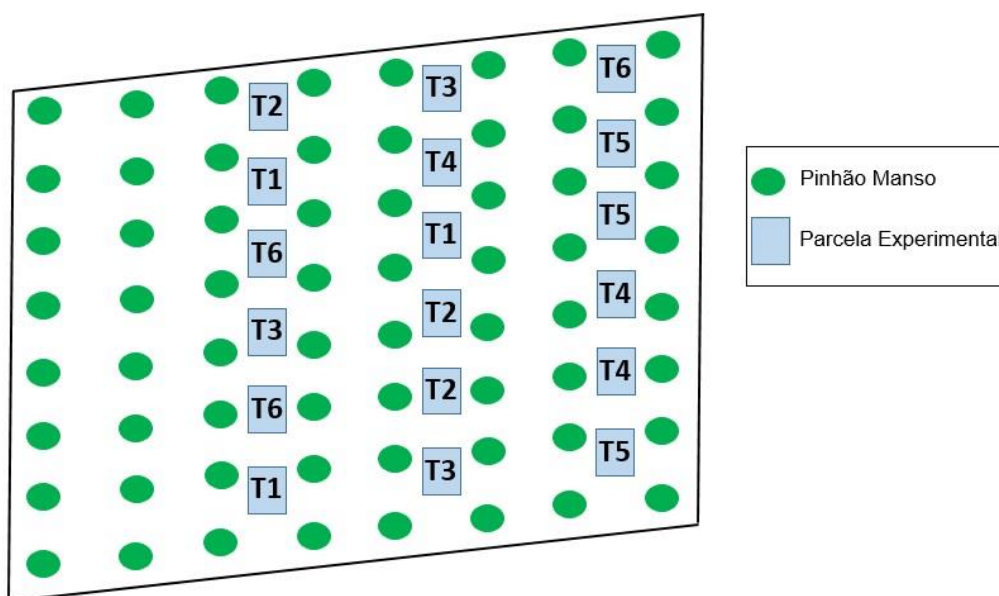


Figura 6 - Distribuição das parcelas dentro da área experimental.
Fonte: O Autor.

3.5 Aplicação da água residuária da suinocultura

A água residuária de suinocultura (ARS) utilizada nos tratamentos foi cedida pela granja de terminação de suínos do Sr. Luciano Miotto, residente em Palotina. A

forma de estabilização adotada pelo proprietário é bioesterqueira. A caracterização química da ARS foi analisada por laboratório, conforme segue na Tabela 2.

Tabela 2 – Caracterização química da ARS

Parâmetro	Unidade	Resultado
Cálcio	mg/L	96,19
Condutividade	mS/cm	7,31
Magnésio	mg/L	48,6
Nitrogenio Kjeldahl Total	mg/L	842,85
pH	U ph	7,8
Potássio	mg/L	491
Sódio	mg/L	120,4

A forma de aplicação da ARS ao solo ocorreu manualmente com o auxílio de um regador, tomando cuidado para que toda a ARS aplicada infiltrasse no solo (Figura 7). As quantidades aplicadas nas parcelas experimentais foram na proporção de 5,6 litros e 11,2 litros para as doses de 80 e 160 m³ ha⁻¹, respectivamente, conforme a área de cada parcela.



Figura 7 – Aplicação das doses de ARS nas parcelas experimentais.
Fonte: O Autor.

3.6 Tensiômetro

Foram coletados dados de umidade do solo antes do início da precipitação de cada tratamento e também ao final dela. Considerou-se 4 pontos dentro de cada

parcela para a realização das leituras. O equipamento utilizado nessa análise foi um tensiômetro digital, do fabricante ICT, modelo MPM-160-B, equipamento este que faz parte do quadro de equipamentos da UFPR – Campus Palotina (Figura 8).



Figura 8 – Tensiômetro Digital.
Fonte: Santos, 2016.

3.7 Simulação da intensidade de precipitação

Posterior a aplicação da água residuária da suinocultura (ARS) nas parcelas, realizou-se a simulação da chuva mediante um simulador modelo InfiAsper/UFMS, desenvolvido por Alves Sobrinho (1997) e aperfeiçoado por Nascimento (2005), conforme apresentado na Figura 9.



Figura 9 - Simulador de Chuvas InfiAsper/UFMS.
Fonte: O Autor.

Para cada parcela trabalhada, calibrou-se o Simulador na intensidade de

precipitação exigida pelo tratamento correspondente, utilizando-se uma bandeja de 1,0 m de comprimento por 0,7 m de largura colocada dentro da área de ação do equipamento. A intensidade de precipitação (I_p), em mm h^{-1} , foi estimada pela relação:

$$I_p = \frac{V(L)}{A(m) \times \frac{T(\text{min})}{60}}$$

Em que,

V - volume coletado, L;

A - área de coleta, correspondente à área da bandeja, $0,70 \text{ m}^2$, e

T - duração da precipitação, h.

A Intensidade de precipitação (I_p) simulada foi realizada por duas vezes: na primeira, 7 (sete) dias após a aplicação da ARS e na segunda, 24 (vinte e quatro) horas depois. A simulação da I_p aconteceu até atingir a velocidade de infiltração básica do solo (VIB), ou seja, até atingir escoamento constante. A partir desse momento, iniciou-se a contagem do período de escoamento e a coleta do material escoado (Figura 10).



Figura 10 – Chuva simulada na parcela e momento da coleta do material escoado.
Fonte: O Autor.

Como no local do experimento não havia energia elétrica acessível, foi necessário utilizar um gerador de energia a gasolina, modelo NG8000E Nagano, de propriedade da UFPR – Campus Palotina (Figura 11).



Figura 11 – Gerador a gasolina.
Fonte: O Autor.

3.8 Coleta do material escoado

A partir do início da simulação cronometrou-se o tempo de precipitação, registrando o momento do princípio e do fim do escoamento. Para cada intensidade de precipitação, trabalhou-se com tempos diferentes, 70 (setenta) minutos na I_p de 60 mm e 47 (quarenta e sete) minutos para a I_p de 90 mm. Foram coletadas 5 (cinco) amostras de material escoado em cada parcela, divididas em períodos iguais dentro do tempo de precipitação, ou seja, para a I_p de 60 mm, a cada 14 (quatorze) minutos era coletada uma amostra e para a I_p de 90 mm, a cada 09 (nove) minutos e 24 (vinte e quatro) segundos se coletava o material escoado, totalizando ao final do trabalho em campo 90 (noventa) recipientes com amostra. Além disso, a cada 3 (três) minutos de escoamento anotava-se o volume escoado para controle e acompanhamento do bom funcionamento do simulador. Ao final do período de precipitação, desligava-se o simulador e era registrado o período em que a parcela mantinha escoamento tal como o volume escoado.

As amostras do escoado foram coletadas em recipientes plásticos etiquetados e resfriadas ainda em campo.

3.9 Análise do material escoado

Analizou-se o material escoado em termos de Fósforo total (Pt), Fósforo solúvel (Ps), Fósforo particulado (Pp) e Nitrogênio total. Esses elementos foram analisados na sequência do término das coletas.

O Ps foi determinado pelo método do ácido ascórbico, aplicado às amostras filtradas em membrana com porosidade de 0,45 μm . O Pt foi determinado pelo método do ácido ascórbico, aplicado às amostras submetidas à digestão com persulfato de potássio em meio ácido, conforme método 4500PB e 4500PE (APHA, 1995). Os resultados estão expressos em mg L^{-1} . O Pp será obtido pela diferença entre Pt e Ps.

O Nitrogênio total foi determinado pelo método Kjeldahl descrito em APHA (1995). Todas as amostras foram encaminhadas para um laboratório de análise de água e efluentes para análise.

3.10 Análise do solo

Ao final da primeira rodada, em razão do volume de material escoado, realizou-se uma análise de solo de cada parcela, na profundidade de 0-10 cm, com o propósito de avaliar a porosidade total, macroporosidade, microporosidade e a densidade. O solo foi coletado por meio de anéis volumétricos, saturado por 24 horas, sobreposto na coluna de areia por 48 horas e posteriormente encaminhado a estufa a 105° C (48 horas) para a análise. Essa análise foi realizada no Laboratório de Física do Solo da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste.

3.11 Delineamento estatístico

O delineamento experimental utilizado foi a análise fatorial inteiramente casualizada $2^1 \times 3^1$, ou seja, dois níveis de Ip (60 e 90 mm h^{-1}) e três doses ARS (0, 80 e 160 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$), totalizando seis tratamentos com três repetições cada. Para a análise dos dados, realizou-se uma análise descritiva com verificação da normalidade dos erros e os resultados foram submetidos à análise de variância com comparação de médias, pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância, utilizando o

software Minitab (versão 16).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Volume do material escoado

Segundo os 06 (seis) tratamentos aplicados no experimento, os quais passaram por 03 (três) repetições cada, os volumes médios resultantes do escoamento superficial estão representados nas Figuras 12 e 13.

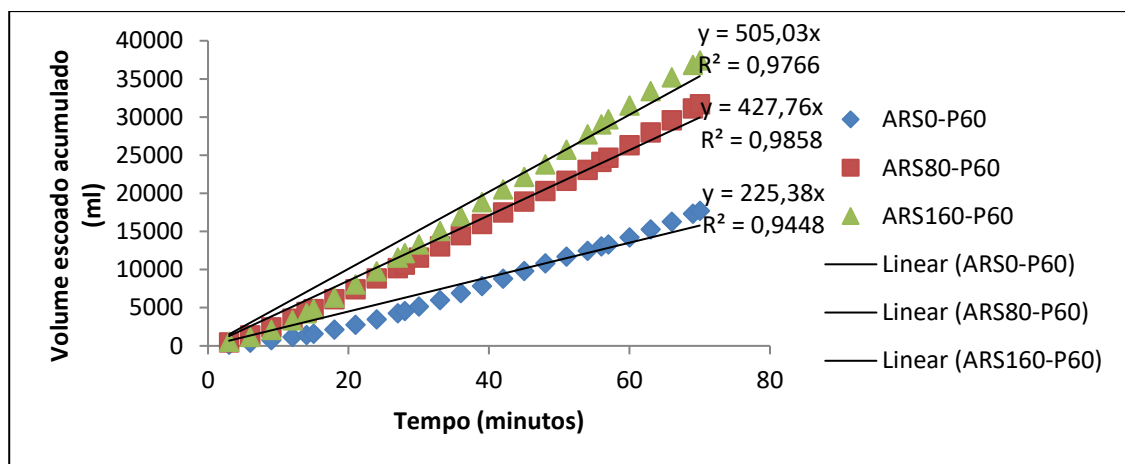


Figura 12 – Média dos volumes do material escoado para o Tratamento 1, 2 e 3.
Fonte – O Autor.

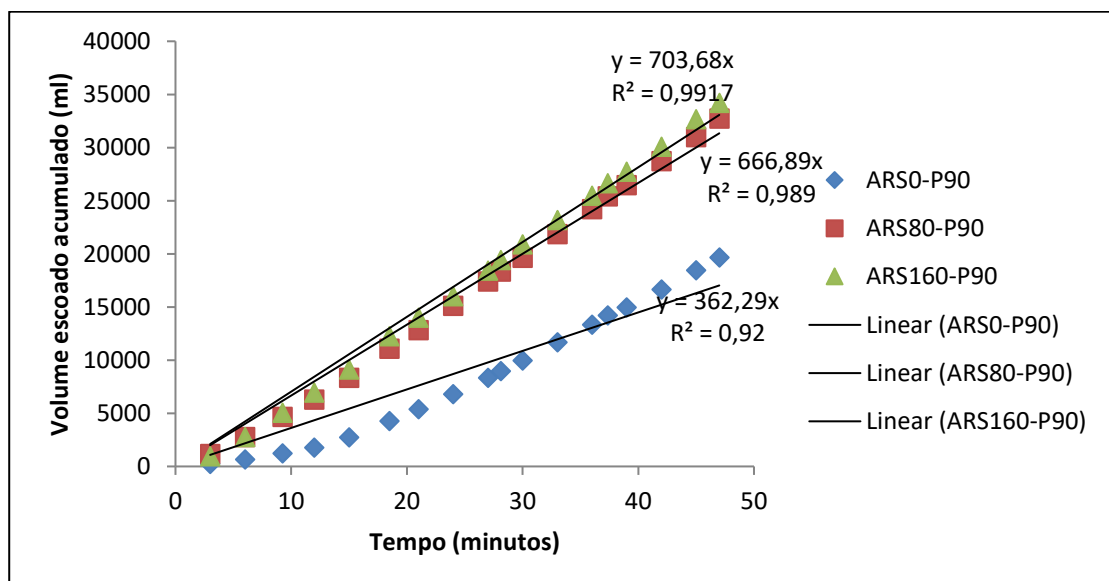


Figura 13 – Média dos volumes do material escoado para o Tratamento 4, 5 e 6.
Fonte – O Autor.

Na Figura 12 pode ser observado o comportamento do escoamento com uma

chuva simulada de 60 mm nos tratamentos de ARS 0, ARS 80 e ARS 160 m³ ha e na Figura 13 a precipitação simulada é de 90 mm para as mesmas doses de ARS.

Foram levantados os dados do volume de escoamento superficial e realizado uma curva com valores acumulados do escoamento ao longo do período de precipitação, considerando cada um dos seis tratamentos e suas repetições. Na curva de cada tratamento foi calculado uma correlação linear com o índice de intersecção igual a 0 (zero), uma vez que no tempo 0 (zero) o escoamento superficial também foi 0 (zero). O coeficiente angular obtido nessas correlações indica a taxa de escoamento superficial em função do tempo. O resultado do R² foi considerado alto para todos os tratamentos, o que indica que se tem uma equação linear significativa. Dentre as aplicações de chuva simulada de 60 mm, observa-se que o menor volume escoado foi verificado no tratamento com ausência de ARS, sendo que houve uma tendência de elevação no escoamento a medida que se aumentou a concentração de ARS.

Nas aplicações de chuva simulada com 90 mm, observa-se que os tratamentos com ARS 80 e ARS 160 se comportam de maneira muito parecidas em quantidades de volume escoado, pois as retas estão quase sobrepostas, indicando que possivelmente não ocorreram grandes diferenças entre os tratamentos, porém as possíveis diferenças são evidenciadas quando comparado ao tratamento com ausência de ARS (ARS 0).

Para comprovar esses resultados foi realizada uma análise de variância (ANOVA), seguido do teste Tukey a 5% para comparação das médias (Tabela 03). Foi realizado uma análise fatorial com 2 fatores, sendo o primeiro o fator ARS com 3 níveis e o segundo o fator Precipitação com dois níveis.

Tabela 03 – Análise de variância

Source	DF	SS	MS	F	P
ARS	2	327856	163928	19.40	0.000 *
P	1	165138	165138	19.54	0.001 *
Interaction	2	7950	3975	0.47	0.636
Error	12	101417	8451		
Total	17	602361			

* Significativo a 5%

A ANOVA demonstra que entre os fatores não houve interação significativa (p-valor > 0,05), como pode ser verificado na Tabela 03, os dois fatores possuem comportamentos lineares, dessa forma somente os valores entre os níveis deram

comportamento significativo ($p\text{-valor} < 0,05$). O Grau de liberdade do resíduo foi 12, que é maior que 10, o que garante que a estatística está correta.

Ao comparar primeiro a Precipitação, de 60 e 90 mm, observa-se que a precipitação de 90 apresenta médias aparentemente maiores, o que diz que esse valor é estatisticamente significativo, com 5% de significância. Em relação a precipitação, observa-se que quanto maior a intensidade de precipitação, maior será o escoamento superficial.

Quanto a quantidade de ARS, na comparação da dosagem de 80 m³ com a parcela testemunha (dose 0), houve um selamento superficial do solo pela matéria orgânica presente na ARS, promovendo o aumento do escoamento. Relacionando as doses de 80 m³ com a aplicação de 160 m³, estatisticamente ao nível de 5% não há diferença, mas observa-se que a maior quantidade de ARS em uma mesma lâmina de 60 mm e 90mm promove o aumento no volume escoado.

Com os dados levantados em campo de umidade antes da simulação e declividade de cada parcela, mais os dados obtidos pela análise de porosidade total, densidade, macroporosidade e microporosidade do solo de cada parcela, foi possível correlaciona-los com o coeficiente de correlação linear de Pearson, que se apresenta na Tabela 04.

Tabela 04 – Coeficiente de correlação linear de Pearson

Variável	DS (g/cm ³)	PT (%)	MI (%)	MA (%)	DEC (%)	Umid. AS (%)	Umid. FS (%)	Taxa esc. superficial
DS (g/cm³)	1	<u>-1</u>	<u>-0,65</u>	<u>-0,89</u>	0,17	<u>-0,61</u>	0,31	-0,30
PT (%)	<u>-1</u>	1	<u>0,65</u>	<u>0,89</u>	-0,17	<u>0,61</u>	-0,31	0,30
MI (%)	<u>-0,65</u>	<u>0,65</u>	1	0,23	-0,02	0,15	-0,02	-0,14
MA (%)	<u>-0,89</u>	<u>0,89</u>	0,23	1	-0,20	0,69	-0,39	0,46
DEC (%)	0,17	-0,17	-0,02	-0,20	1	0,00	-0,06	0,16
Umid. AS (%)	<u>-0,61</u>	<u>0,61</u>	0,15	<u>0,69</u>	0,00	1	-0,44	<u>0,59</u>
Umid. FS (%)	0,31	-0,31	-0,02	-0,39	-0,06	-0,44	1	<u>-0,48</u>
Taxa esc. Superficial	-0,30	0,30	-0,14	0,46	0,16	<u>0,59</u>	<u>-0,48</u>	1

DS=Densidade do Solo; PT=Porosidade Total; MI=Microporosidade; MA=Macroporosidade; DEC=Declividade; Umid. AS=Umidade antes da simulação; Umid. FS=Umidade final simulação;

Segundo os autores Dancey e Reidy (2005, *apud* FIGUEIREDO FILHO E SILVA JUNIOR, p.119, 2009): “a magnitude do coeficiente de correlação Pearson apontam para a seguinte classificação: $r = 0,10$ até $0,30$ (fraco); $r = 0,40$ até $0,6$ (moderado); $r = 0,70$ até 1 (forte)”. Assim, é possível analisar e classificar as relações levantadas.

Observa-se que a densidade possui uma forte correlação negativa com a porosidade total, o que denota que quanto maior a densidade menor será a porosidade, e vice e versa, sugerindo a influência da compactação do solo na presença da água. Além disso, a densidade possui correlação negativa média com a microporosidade e uma correlação forte com a macroporosidade. Isso significa que a compactação do solo diminui os espaços vazios característicos do solo, fazendo com que diminua a capacidade de armazenamento da água. Os macroporos de um solo possuem maior facilidade de preenchimento dos vazios com água do que a microporosidade.

A umidade antes da simulação da chuva, apresentou uma correlação negativa média com a Densidade, devido a água ocupar os espaços vazios do solo e reduzir a densidade de poros livres.

A porosidade total do solo exerce uma correlação forte positiva com a macroporosidade, sugerindo que este solo apresenta grande quantidade de macroporos e conseqüentemente apresenta características de um solo pouco compactado. O fator Umidade foi o único que apresentou correlação significativa com a taxa de escoamento. A umidade antes da simulação de chuva revelou uma correlação positiva média com a taxa de escoamento, atestando que valores maiores de umidade no solo influenciam no escoamento superficial imediato, pois um solo com maior umidade possui grande quantidade de sua porosidade preenchida com água, sobrando poucos espaços vazios para absorver a água da chuva, isso faz com que a água comece a escoar mais rapidamente. Com relação a umidade depois da simulação, a taxa de escoamento possui uma correlação de baixa para média negativa.

A declividade não apresentou correlação significativa ao nível de 5% nos fatores analisados, demonstrando que declividades entre 2% e 13%, nessas características físicas de solo e com esses níveis de precipitação, não apresentaram influência na taxa de escoamento superficial.

4.2 Análise do Fósforo

Foram avaliados os seguintes parâmetros: Fósforo total e Fósforo solúvel.

No Fósforo Total, segue a Figura 14 com os valores identificados:

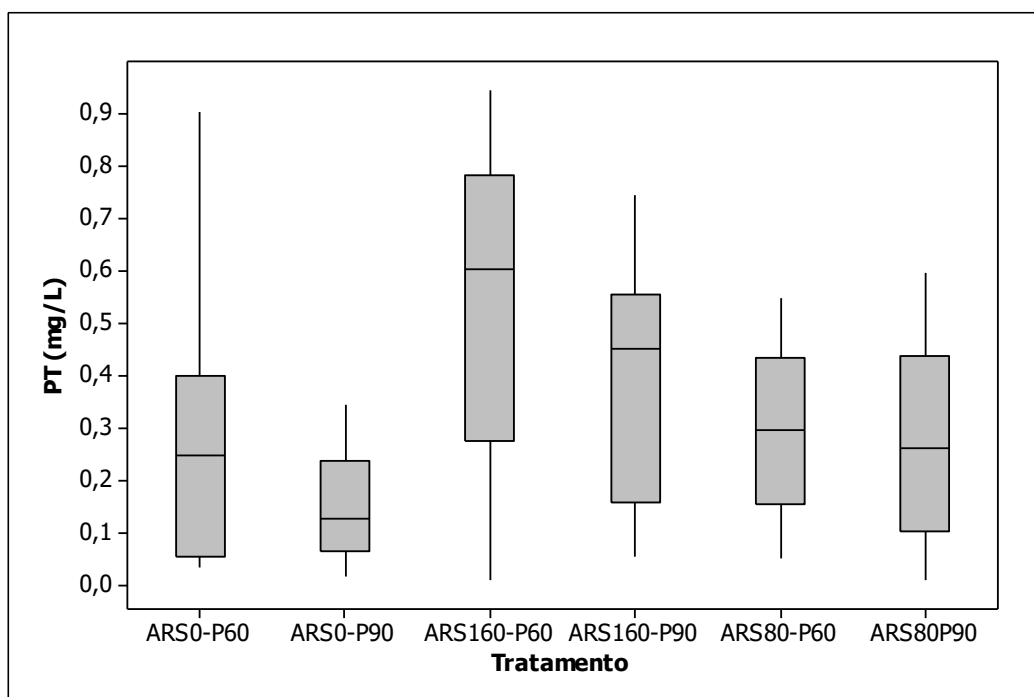


Figura 14 – Valores de Fósforo Total

Os tratamentos que não possuem aplicação de ARS (testemunha) apresentaram concentrações menores em relação aos tratamentos com ARS. Na dose de 160 nota-se a maior presença de fósforo no material escoado. Não possui pontos discrepantes.

Para o Fósforo Solúvel, na Figura 15 observa-se os resultados encontrados.

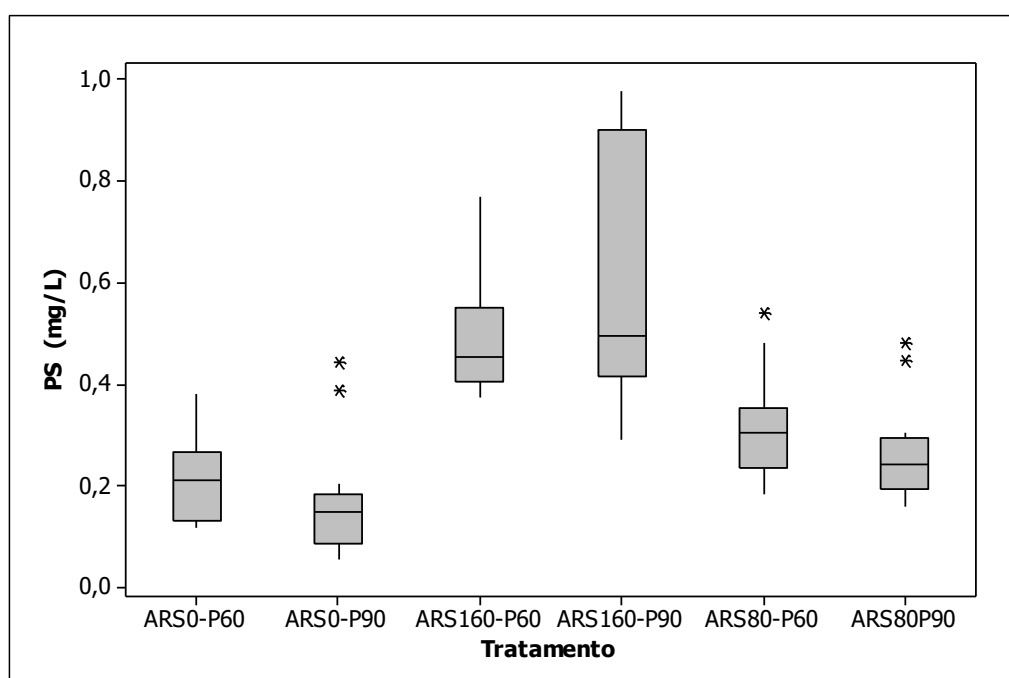


Figura 15 – Valores de Fósforo Solúvel

Nota-se que a maior dose de ARS aplicada transporta uma quantidade maior de fósforo solúvel e a precipitação de 90 mm concentra os maiores dados desse elemento em função da diluição que ocorre pela maior quantidade de água aplicada nesse tratamento. Ainda, no tratamento sem aplicação de ARS há uma menor concentração de P solúvel e nos tratamentos com ARS a concentração de P solúvel é proporcional a dose aplicada.

Para ambas as análises do P será necessária uma avaliação estatística mais aprofundada para análise detalhada desse dado.

4.3 Análise do Nitrogênio

Os resultados encontrados para o Nitrogênio Total podem ser observados na Figura 16.

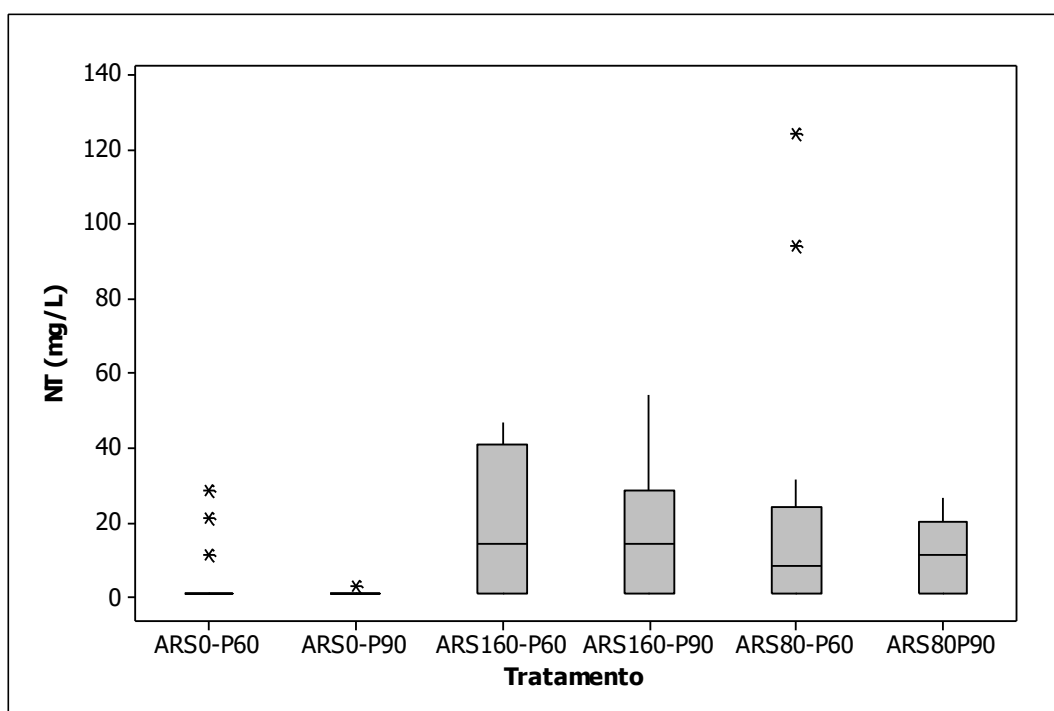


Figura 16 – Valores de Nitrogênio Total

A partir do gráfico Bloxplot gerado com os dados de Nitrogênio, observa-se que as parcelas testemunhas não tiveram resultados consideráveis de Nitrogênio (de 15 dados, apenas 3 apresentaram algum nível de N). Já nas parcelas com aplicação de ARS, todas apresentaram Nitrogênio. Entre as duas doses de ARS aplicadas, a maior dose, de 160 m³, constatou os maiores valores de N. Com relação a intensidade

de precipitação, observa-se que na precipitação de 60mm os terceiros quartis são maiores que os quartis da IP de 90 mm. Nesse caso, será necessária uma avaliação estatística mais aprofundada para análise detalhada desse dado.

5. CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos neste trabalho concluiu-se que:

- a intensidade de precipitação de 90 mm favoreceu o maior escoamento superficial em comparação a precipitação de 60 mm;
- a presença de ARS exerceu influência no volume escoado, demonstrando que doses a partir de 80 m³ ha favorecem o escoamento superficial;
- as parcelas com aplicação de doses de ARS apresentaram maior concentração de Nitrogênio e Fósforo no material escoado, entretanto será necessária uma avaliação estatística mais aprofundada para análise detalhada desse dado.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES SOBRINHO, T. **Desenvolvimento de um infiltrômetro de aspersão portátil**. 1997. 85 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA; AWWA, WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20 ed. Washington: American Public Health Association, 1998. 1193 p.

ANDRASKI, T. W.; BUNDY, L. G.; KILIAN K. Manure history and long-term tillage effects on soil properties and phosphorus losses runoff. **Journal Environmental Quality**, Madison, v. 31, p. 1782-1789, 2003.

ARRUDA, F. P. de; BELTRÃO, N. E. M.; ANDRADE, A. P. de; PEREIRA, W. E.; SEVERINO, L. S. **Cultivo de Pinhão Manso (*Jatropha Curca* L.) como alternativa para o Semi-Árido Nordestino**. Rev. bras. ol. fibros., Campina Grande, v.8, n.1, p.789-799, jan-abr, 2004.

BARRETO, Antônio Carlos; CAMPOS, Cláudio Milton Montenegro. Avaliação de um sistema de irrigação autopropelido aplicando água residuária de suinocultura. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, Edição Especial, p. 1752 -1757, 2009.

BARROS, F. M.; MARTINEZ, M. A.; NEVES, J. C. L.; MATOS, A. T.; SILVA, D. D. Características químicas do solo influenciadas pela adição de água residuária da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** (Suplemento), Campina Grande, v. 9, p. 47-51, 2005.

BERTOL, I. B.; MELLO, E. L.; GUADAGNIN, J. C.; ZAPAROLLI, A. L. V.; CARRAFA, M. R. Nutrient losses by water erosion. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 60, p. 581-586, 2003.

BERTOL, I.; GUADAGNIN, J. C, CASSOL, P. C.; AMARAL, A. J.; BARBOSA, F. T. Perdas de fósforo e potássio por erosão hídrica em um inceptisol sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, p. 485-494, 2004.

BERWANGER, A. L. **Alterações e transferências de fósforo do solo para o meio aquático com o uso de dejetos líquidos de suínos**. 2006. 101 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

BERWANGER, A. L.; CERETTA, C. A.; SANTOS, D. R. Alterações no teor de fósforo no solo com aplicação de dejetos líquidos de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 2525-2532. 2008.

BRANDÃO, V. S.; CECÍLIO, R. A.; PRUSKI, F. F.; SILVA, D. D. **Infiltração da água**

no solo. 3. ed. Viçosa: Ed. UFV, 2006. 120 p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente - Conama. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, p. 58-63, 18 de março de 2005.

BUNDY, L. G.; ANDRASKI, T. W.; POWELL, J. M. Management practice effects on phosphorus losses in runoff in corn production systems. **Journal Environmental Quality**, Madison, v. 30, p. 1822-1828, 2001.

CAMPELO, P. L. G. **Influência da aplicação de águas residuárias de suinocultura nas características físico-hídricas e químicas de um solo podzólico vermelho-amarelo**. 1999. 53 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.

CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; PAVINATO, P. S.; TRENTIN, E. E.; GIROTTI, E. Produtividade de grãos de milho, produção de matéria seca e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio na rotação de aveia preta/milho/nabo forrageiro com aplicação de dejetos líquidos de suínos. **Ciência Rural**. Santa Maria. v. 35, p. 1287-1295, 2005b.

CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; VIEIRA, F. C. B.; HERBES, M. G.; MOREIRA, I. C. L.; BERWANGER, A. L. Dejetos líquidos de suínos: I - perdas de nitrogênio e fósforo na solução escoada na superfície do solo, sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 6, nov-dez, 2005a.

CERETTA, C. A.; DURIGON, R.; BASSO, C. J.; BARCELLOS, L. A. R.; VIEIRA, F. C. B. Características químicas de solo sob aplicação de esterco líquido de suínos em pastagem natural. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, p. 729- 735, 2003.

CORRELL, D. L. The role of phosphorus in the eutrophication of receiving waters: A review. **Journal Environmental Quality**, Madison, v. 27, p. 261-266, 1998.

DAL BOSCO, T. C. **Poluição difusa decorrente da aplicação de água residuária da suinocultura em solo cultivado com soja sob condições de chuva simulada**. 2007. 114 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2007.

DANIEL, T. C.; SHARPLEY, A. N.; LEMUNYON, J. L. Agricultural phosphorus and eutrophication: A symposium overview. **Journal Environmental Quality**, Madison, v. 27, p. 251-257, 1998.

DIETER, Jonathan. **Poluição difusa por fósforo devido a aplicação de água residuária da suinocultura sob condição de chuva simulada**. 2009. 51 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2009.

DOBLINSKI, A. F. **Uso de água residuária da suinocultura na conservação de um latossolo distroférrico cultivado com soja**. 2006, 68 f. Dissertação (Mestrado

em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2006.

DURIGON, R.; CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; BARCELLOS, L. A. R.; PAVINATO, P. S. **Produção de forragem em pastagem natural com o uso de esterco líquido de suíno**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 22, p. 983-992, 2002.

EVANS, S. D.; GOODRICH, P. R.; MUNTER, R. C. Effects of solid and liquid beef manure and liquid hog manure on soil characteristics and on growth, yield and decomposition of corn. **Journal Environmental Quality**. Madison, v. 6, p. 361-368, 1977.

GATIBONI, Luciano Colpo; SMYTH, Thomas Jot; SCHMITT, Djalma Eugênio; CASSOL, Paulo Cazar; OLIVEIRA, Clovisson Menotti Boeira de. **Proposta de limites críticos ambientais de fósforo para solos de Santa Catarina**. Lages, UDESC, 2014, 39 p. (Boletim Técnico).

GESSEL, P. D.; HANSEN, N. C.; MONCRIEF, J. F.; SCHMITT, M. A. Rate of fallapplied liquid swine manure: Effects on runoff transport sediment and phosphorus. **Journal Environmental Quality**, Madison, v. 33, p. 1839-1844, 2004.

GOOGLE EARTH. Versão 7.1.8.3036 (32-bit). 2016. DISPONÍVEL EM: <<https://www.google.com/earth/>>. ACESSO EM: 27/07/2016.

GROSSI, Bruno; HOMEM, Costa; BARROCA, Onofre; NETO, De Almeida; CONDÉ, Marisa Senra; SILVA, Mateus Diniz; FERREIRA, Igor Machado. Efeito do uso prolongado de água residuária da suinocultura sobre as propriedades químicas e físicas de um Latossolo Vermelho-Amarelo. **Revista Científica**, Jaboticabal, v.42, n.3, p.299–309, 2014.

HEATHWAITE, L.; SHARPLEY, A.; GBUREK, W. A conceptual approach for integrating phosphorus and nitrogen management at watershed scales. **Journal Environmental Quality**, Madison, v. 29, p. 158-166, 2000.

HOUNTIN, J. A.; KARAM, A.; COUILLARD, D.; CESCAS, M. P. Use of a fractionation procedure to assess the potential for phosphorus movement in a soil profile after 14 years of liquid pig manure fertilization. **Agriculture and Ecosystems Environment**, Charlottetown, v. 78, p. 77-84, 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Produção da Pecuária Municipal**. Rio de Janeiro, vol. 43, p. 1-49, 2015. DISPONÍVEL EM: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2015_v43_br.pdf> ACESSO EM: JULHO/2016.

KAMIMURA, Carolina Toshie; OLIVEIRA, Roberta De; QUINTANILHA, Suzana Cristina; FERREIRA, Renata Marques. **Possibilidades de reuso de efluentes gerados na suinocultura visando à economia de água e fertilizantes químicos**. Atas de Saúde Ambiental - ASA (São Paulo, Online), Vol.3 N.2, p. 74-79, Ago. 2015.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1985. 482p.

KUNZ, A.; HIGARASHI, M. M.; OLIVEIRA, P. A. Tecnologias de manejo e tratamento de dejetos de suínos estudadas no Brasil. *Cadernos de Ciência e Tecnologia (EMBRAPA)*, v. 22, p. 651-665, 2005.

LEITE, D.; BERTOL, I.; GUADAGNIN, J. C.; SANTOS, E. J.; RITTER, S. R. Erosão hídrica em um Nitossolo háplico submetido a diferentes sistemas de manejo sob chuva simulada. I- Perdas de solo e água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, p. 1033-1044, 2004.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). DISPONÍVEL EM: < [HTTP://WWW.AGRICULTURA.GOV.BR/](http://www.agricultura.gov.br/)>. ACESSO EM: JUNHO/2016.

MCDOWELL, L. L.; MCGREGOR, C. K. PLANT NUTRIENT LOSSES IN RUNOFF FROM CONSERVATION TILLAGE CORN. **SOIL TILLEG. RESEARCH**. AMSTERDAM, V. 4, P. 79-91, 1984.

MCLEOD, R. V.; HEGG, O. R. PASTURE RUNOFF QUALITY FROM APPLICATION OF INORGANIC AND ORGANIC NITROGEN SOURCES. **JOURNAL ENVIRONMENTAL QUALITY**, MADISON, V. 13, P. 122- 126, 1984.

MONTEBELLER, C. A.; CARVALHO, D. F.; ALVES SOBRINHO, T.; NUNES, A. C. S.; RUBIO, E. Avaliação hidráulica de um simulador de chuvas pendular. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 5, n. 1, p. 1-5, 2001.

NASCIMENTO, J. M. **Desenvolvimento de um infiltrômetro de aspersão: INFIASPER/UFMS – Fases III e IV**. 2005. 50 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Dourados, 2005.

PERDOMO, Carlos Cláudio. **Sugestões para o manejo, tratamento e utilização de dejetos suínos**. Concórdia, Embrapa Suínos e Aves, 1999, 2 p. (Instrução Técnica para o Suinocultor).

PERDOMO, Carlos Cláudio; COSTA, Rejane Helena Ribeiro da; MEDRI, Waldir; MIRANDA, Cláudio da Rocha. **Dimensionamento de Sistemas de Tratamento (decantador de lagoas) e utilização de dejetos suínos**. Concórdia, Embrapa Suínos e Aves, 1999, vol. 234, 5 p. (Comunicado Técnico).

PIERSON, S. T.; CABRERA, M.; LEVANYLO; G. K.; KUYKENDALL, H. A. C.; HOVELAND, S.; MCCANN, M. A.; WEST, L. T. Phosphorus and ammonium concentrations in surface runoff from grasslands fertilized with broiler litter. **Journal Environmental Quality**, Madison, v. 30, p. 1784-1789, 2001.

PINTO, N. L.; HOLTZ, A. C. T.; MARTINS, J. A. Hidrologia básica. 1. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1976. 279 p.

POTE, D. H.; DANIEL, T. C.; NICHOLS, D. J.; SHARPLEY, A. N.; MOORE JR. P. A.;

MILLER, D. M.; EDWARDS, D. R. Relationship between phosphorus levels in three Ultisols and phosphorus concentrations in runoff. **Journal Environmental Quality**, Madison, v. 28, p. 170-175, 1999.

REDDY, K. R.; VERCASH, R. M.; KAHLED, R.; WESTERMAN, W. P. Phosphorus absorption-desorption characteristics of two soils utilized for disposal of manure. **Journal Environmental Quality**, Madison, v. 9, p.86-92, 1980.

SANTOS, C. A. **Impacto da utilização de pavimentação permeável em áreas urbanas na recuperação de bacias hidrográficas**. 2016, 64 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2016.

SANTOS, Mônica A. A. dos; SCHMIDT, Verônica; BITENCOURT, Vanessa C.; MAROSO, Michele T. D. Esterqueiras: avaliação físico-química e microbiológica do dejetos suíno armazenado. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.2, p.537-543, maio/ago. 2007

SANTOS, S. B. dos; MARTINS, M. A.; AGUILAR, P. R. M.; CANESCHI, A. L.; CARNEIRO, A.de C. O; DIAS, L. A. dos S. **Acúmulo de matéria seca e óleo nas sementes de pinhão-mansão e qualidade do óleo extraído**. R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v.16, n.2, p.209–215, 2012.

SCHERER, E. E.; AITA, C.; BALDISSERA, I. T. **Avaliação da qualidade do esterco líquido de suíno da região Oeste Catarinense para fins de utilização como fertilizante**. Florianópolis, EPAGRI, 1996. 46 p. (Boletim Técnico).

SCHERER, Eloi Erhard; NESI, Cristiano Nunes; MASSOTTI, Zemiro. Atributos químicos do solo influenciados por sucessivas aplicações de dejetos suínos em áreas agrícolas de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, vol. 34, p. 1375-1383, 2010.

SETA, A. K.; BLEVINS, R. L.; FRYE, W. W.; BARFIELD, B. J. Reducing soil erosion and agricultural chemical losses with conservation tillage. **Journal Environmental Quality**, Madison, v. 22, p. 661-665, 1993.

SHARPLEY, A. N.; HALVORSON, D. A. The management of soil phosphorus availability and its impact on surface water quality. In: LAL, R.; STEWART, B. A. (Ed) **Soil processes and water quality**. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p. 7-89.

SHARPLEY, A. N.; HALVORSON, D. A. The management of soil phosphorus availability and its impact on surface water quality. **Soil Processes and Water Quality**. Madison, v. xxx, p. 7-89, 1994

SHARPLEY, A. N.; HEDLEY, M. J.; SIBBESEN, E. Phosphorus transfers from terrestrial to aquatic ecosystems. In: TIESSEN, H. (Ed.) **Phosphorus in the global environment**. Chichester: John Wiley e Sons, 1995. p. 171200.

SHARPLEY, A. N.; MCDOWELL R. W.; KLEINMAN, P. T. A. Phosphorus loss from land to water: integrating agricultural and environmental management. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 237, p. 287-307, 2001.

SHARPLEY, A.; DANIEL, T. C.; SIMS, J. T. & POTE, D. H. Determining environmentally sound soil phosphorus levels. **Journal of soil and water conservation**, Ankeny, v. 51, p. 160-166, 1996.

SOUZA, M. D. **Desenvolvimento e utilização de um simulador de chuvas para estudos de atributos físicos e químicos do solo relacionados a impactos ambientais**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004, 20 p.

TIMOFIECSYK, Adriana. **Perdas de água, solo e nutrientes com aplicação de dejetos líquido bovino sob plantio direto e chuva natural em latossolo bruno**. 2009. 71 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

YLI-HALLA, M.; HARTIKAINEN, H., EKHOLM, P.; TURTOLA, E.; PUUSTINEN, M.; KALLIO, K. Assessment of soluble phosphorus load in surface runoff by soil analyses. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Charlottetown, n. 56, p. 53-62, 1995