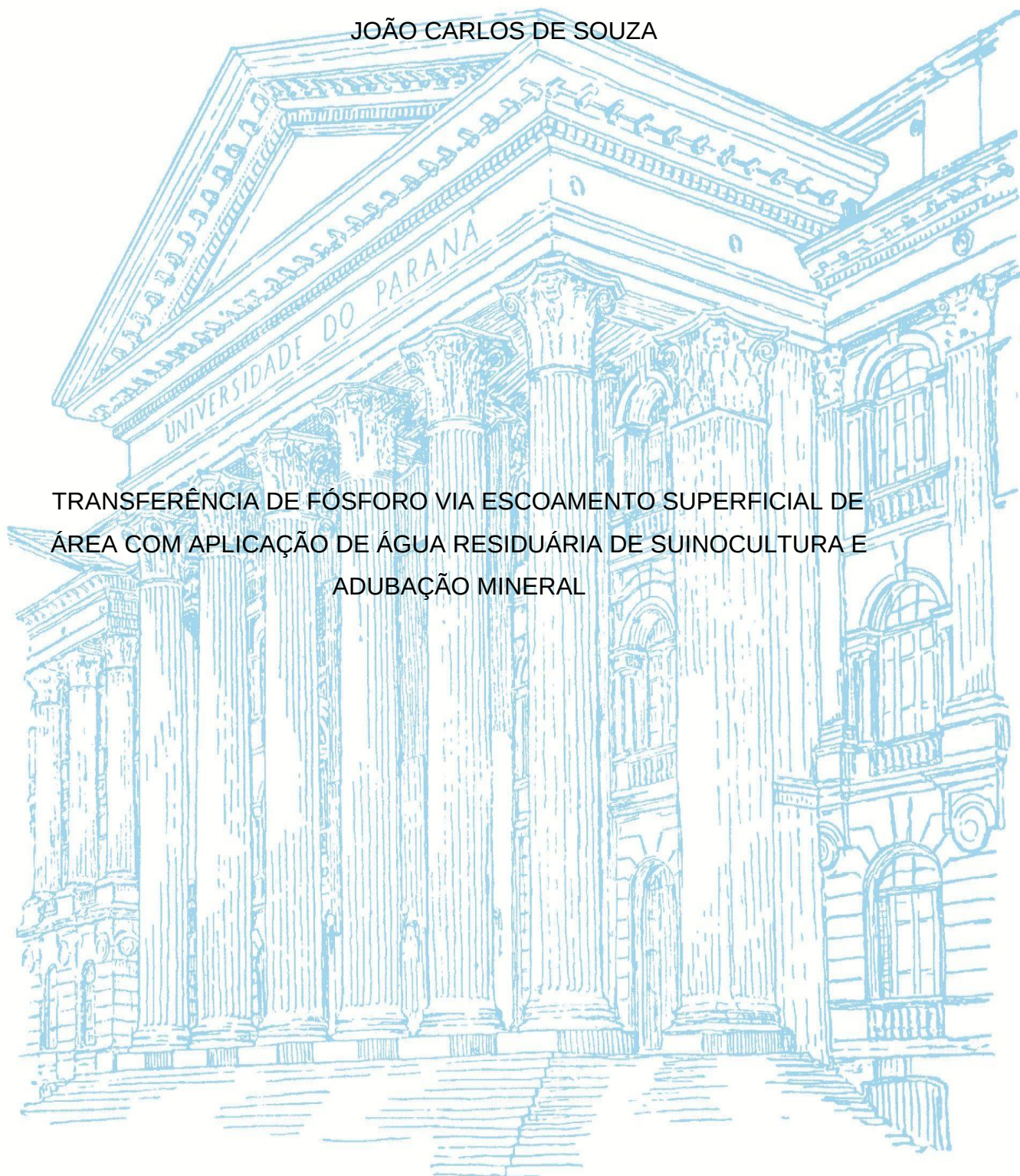


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ – SETOR PALOTINA

JOÃO CARLOS DE SOUZA

TRANSFERÊNCIA DE FÓSFORO VIA ESCOAMENTO SUPERFICIAL DE
ÁREA COM APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA E
ADUBAÇÃO MINERAL



PALOTINA
2016

JOÃO CARLOS DE SOUZA

TRANSFERÊNCIA DE FÓSFORO VIA ESCOAMENTO SUPERFICIAL DE
ÁREA COM APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA E
ADUBAÇÃO MINERAL.

Trabalho de conclusão de curso apresentado a
Universidade Federal do Paraná – Setor Palotina, como
parte das exigências para obtenção de título de
Engenheiro agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Jonathan Dieter

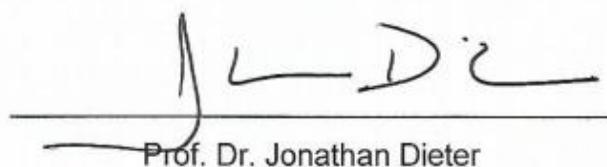
PALOTINA
2016

TERMO DE APROVAÇÃO

JOÃO CARLOS DE SOUZA

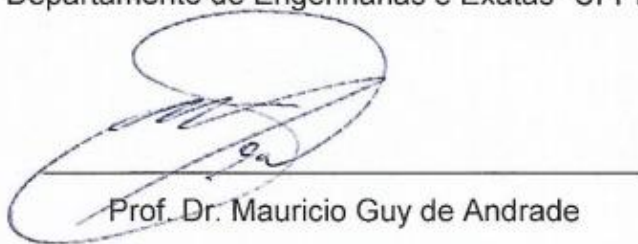
TRANSFERÊNCIA DE FÓSFORO VIA ESCOAMENTO SUPERFICIAL DE ÁREA COM APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA E ADUBAÇÃO MINERAL.

Trabalho de conclusão de curso aprovado como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo, Curso de Agronomia no Setor Palotina da Universidade Federal do Paraná, pela seguinte banca examinadora:



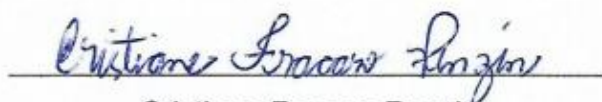
Prof. Dr. Jonathan Dieter

Orientador – Departamento de Engenharias e Exatas- UFPR Setor Palotina



Prof. Dr. Mauricio Guy de Andrade

Departamento de Engenharias e Exatas - UFPR Setor Palotina



Cristiane Fracaro Penzin

Engenheira Ambiental

Palotina, 08 de julho 2016

Dedico este trabalho a minha esposa pela paciência comigo e parceria na luta diária da vida. Dificilmente conseguiria encerrar essa caminhada sem você. Parabéns, pois esse trabalho não é meu, ele é NOSSO.

AGRADECIMENTO

Primeiramente a Deus por ter escolhido sempre o melhor para a minha vida, me atendendo nas horas em que mais precisei.

A minha mãe pelo pulso firme sendo a responsável pelo homem e pai de família que me tornei hoje.

Ao meu pai, que com tanta luta e humildade no coração cuidou e deu de comer aos seis filhos, dando a cada um deles o que melhor pode se receber de um homem, tua honra.

A minha esposa, pelo amor e carinho diário, a paciência com o marido estudante e a filha sapeca.

A minha filha, simplesmente a razão de tudo. Seus sonhos, serão meus sonhos, conte sempre comigo pequena. Minha vida pela sua sem pensar duas vezes.

Ao meu sogro e minha sogra, pessoas especiais que a vida me proporcionou. Grato pela força ao longo desses cinco anos.

Ao meus tios, tias, avós e primos que apesar da ausência nessa rotina acadêmica, sempre torceram por mim, em especial ao tio João (meu fã) e a tia Edna, pessoas que dispensam comentários.

Aos meus padrinhos, Jurandir e Eunice e seus dois filhos. Melhor dizendo: aos meus pais Jurandir e Eunice e irmãos Raquel e Rodrigo.

Ao meu orientador Jonathan Dieter, o qual tomarei a liberdade de chamar de AMIGO, e não professor a partir de agora. Desejo a você muito sucesso, paz e muita alegria no coração, claro que a razão dessa alegria não será o grêmio, mas existem outros meios de viver de maneira feliz. Parabéns pelo profissional que se tornou e o homem que é.

Aos meus colegas de graduação em especial aqueles que de uma forma ou de outra caminharam mais próximos de mim durante a graduação. Levarei vocês em um cantinho especial no meu coração. A saudade será uma ferida que dificilmente fechará, mas servirá para lembrar o rosto e a voz de cada um de vocês, obrigado: Allan, Claudinei, Marlon, Samara, Laura, Alef, Lucas e Soratto.

Agradeço ao CNPq pelo aporte financeiro para realização desse estudo.

Agradeço a UNIOESTE pela disponibilização dos laboratórios para as análises físico-químicas e estatísticas.

“Você nunca sabe que resultados virão da sua ação. Mas se você não fizer nada, não existirão resultados.”

Mahatma Gandhi

RESUMO

A aplicação deliberada de água residuária de suinocultura (ARS) em solos submetido ao sistema de plantio direto, tem potencial expressivo sobre o aumento na concentração de fósforo total (Pt) nas camadas superficiais, aumentando assim a capacidade de arraste via escoamento superficial durante eventos de precipitação. O objetivo do trabalho foi avaliar os teores de fósforo total em dois períodos distintos: Após a aplicação de adubações (APA) e após o ciclo da cultura do milho (APC). Para o período APA foram utilizadas ARS nas concentrações de (0, 75, 150, 225 e 300 m³ ha⁻¹) juntamente com as doses de adubação mineral (ADM) a 0,05 metros de profundidade nas doses de (0%, 25%, 50%, 75% e 100%) recomendadas para a cultura. As parcelas utilizadas foram lisímetros suspensos com área de 0,70 m², solo caracterizado e submetido ao sistema de plantio direto. Após a aplicação das adubações (orgânica e mineral) foram simuladas precipitações em diferentes intensidades (Ip) (45, 60, 75, 90 e 105 mm h⁻¹) nas parcelas submetidas também a declividades (*i*) distintas (4%, 9%, 14%, 19% e 24%). No período APC ocorreu apenas simulações de diferentes Ip sobre os restos vegetais da cultura. A coleta da solução escoada da superfície teve duração de 72 minutos, para o período APA e APC. As amostras, encaminhadas para análises laboratoriais com as devidas identificações. Determinaram-se as concentrações de Pt das amostras coletadas totalizando 28 ensaios. Utilizou-se delineamento composto central rotacional (DCCR), em planejamento fatorial completo 2⁴, com pontos axiais ($\alpha = (2^n)^{1/4}$). Observou-se que as concentrações de Pt tem relação positiva com os fatores independentes, e que a ARS é o fator de maior influência no aumento da concentração de Pt na solução escoada seguido da *i* e a Ip. A redução nos teores de Pt após o período APC foram expressivas em relação ao período APA, no entanto as concentrações atingidas nos dois períodos foram superiores as estabelecidas pela legislação, tendo, portanto, potencial de contaminação ambiental.

Palavras-chave: ARS. Fósforo total. Legislação

ABSTRACT

The deliberate application of swine wastewater (ARS) in soils submitted to the tillage system, has significant potential for the increase in total phosphorus concentration (Pt) in the surface layers, thereby increasing the ability to drag via runoff during event precipitation. The objective was to evaluate the total phosphorus content in two distinct periods: After application of fertilizers (APA) and after the corn crop cycle (APC). For APA ARS period were used at concentrations (0, 75, 150, 225 and 300 m³ h⁻¹) together with the doses of mineral fertilizer (ADM) 0.05 meters in depth dose (0%, 25 %, 50%, 75% and 100%) recommended for the culture. The plots were used Lysimeters suspended with 0.70 m², characterized ground and subjected to no-till system. After application of fertilizers (organic and mineral) rainfall were simulated at different intensities (Ip) (45, 60, 75, 90 and 105 mm h⁻¹) in the plots also submitted the steepness (i) separate (4%, 9%, 14%, 19% and 24%). In the APC period it occurred only simulations of Ip on crop debris. The collection of the surface of the drained solution had duration of 72 minutes for the APA and APC period. The samples taken for laboratory testing with proper identification. Determined that the Pt concentration of the samples totaling 28 trials. It used a central composite design (CCRD) in full factorial design 24 with axial points ($\alpha = (2n)^{1/4}$). It was observed that the Pt concentration has a positive relationship with the independent factors, and that the ARS is the most influential factor in increasing the concentration of Pt in the drained solution followed by i and Ip. The reduction in Pt content after the APC period had significant decreases in relation to APA period, however the concentrations achieved in both periods were higher than those established by law, thus having potential environmental contamination.

Keywords: ARS. Total phosphorus. Legislation

LISTA DE TABELAS

TABELA 1- PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO ANTES DO INÍCIO DO EXPERIMENTO.	117
TABELA 2 – MATRIZ DO PLANEJAMENTO PARA OS NÍVEIS ESTABELECIDOS (VARIÁVEIS CODIFICADAS) E SEUS VALORES CORRESPONDENTES (VARIÁVEIS REAIS) PARA OS QUATRO FATORES ESTUDADOS.	118
TABELA 3 – MATRIZ DO PLANEJAMENTO COMPLETE 2^4 COM OS VALORES REAIS E CODIFICADOS DOS FATORES INDEPENDENTES: ARS, ADM, I_p E i	119
TABELA 4 – CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA RESIDUÁRIA DA SUINOCULTURA (ARS) APLICADA AO SOLO.	21
TABELA 5 – RESUMO DA ANOVA REFERENTE AO TRANSPORTE DE PT JUNTO AO ESCOAMENTO SUPERFICIAL PARA OS PERÍODOS APA E APC.	24
TABELA 6 – ANOVA REFERENTE AO TRANSPORTE DE FÓSFORO JUNTO A SOLUÇÃO ESCOADA DA SUPERFÍCIE.	25
TABELA 7 – MODELO DE REGRESSÃO LINEAR PARA O PERÍODO APA.	26

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – FATORES INDEPENDENTES E INTERAÇÕES QUE APRESENTARAM INFLUÊNCIA SIGNIFICATIVA NO AUMENTO DAS CONCENTRAÇÕES DE FÓSFORO TOTAL NA SOLUÇÃO ESCOADA (PERÍODO APA).....	25
GRÁFICO 2: CONCENTRAÇÃO DE FÓSFORO TOTAL EM RELAÇÃO A (ARS) E (IP).	27
GRÁFICO 3: CONCENTRAÇÃO DE FÓSFORO TOTAL EM RELAÇÃO A (ARS) E (I).	28
GRÁFICO 4: CONCENTRAÇÃO DE FÓSFORO TOTAL EM RELAÇÃO A (IP) E (I).	28
GRÁFICO 5- ILUSTRAÇÃO DA INSIGNIFICÂNCIA ESTATÍSTICA DOS FATORES INDEPENDENTES E INTERAÇÕES (PERÍODO APC).	30
GRÁFICO 6- CONCENTRAÇÕES DE FÓSFORO TOTAL CORRESPONDENTE A INFLUÊNCIA DOS FATORES INDEPENDENTES (PERÍODO APA).	31
GRÁFICO 7- CONCENTRAÇÕES DE FÓSFORO TOTAL CORRESPONDENTE A INFLUÊNCIA DOS FATORES INDEPENDENTES (PERÍODO APC).	32

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1- LISÍMETRO DE DRENAGEM SUSPENSO COM COLETA DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL E LIXIVIADO. (A) ÁREA ÚTIL DE EXPERIMENTAÇÃO; (B) COLETOR DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL GERADO EM “A”; (C) LOCAL DE COLETA DO LIXIVIADO; (D) SISTEMA DE INCLINAÇÃO DO SOLO.....	220
---	-----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO REFERENCIADA	14
2 OBJETIVOS	16
2.1 OBJETIVO GERAL	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3 METODOLOGIA	17
3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	17
3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	17
3.3 IMPLANTAÇÃO DO EXPERIMENTO A CAMPO	19
3.3.1 CONFEÇÃO DAS PARCELAS EXPERIMENTAIS	19
3.3.2 CARACTERIZAÇÃO DA ARS	20
3.3.3 PROCESSOS DE ADUBAÇÃO E SIMULAÇÃO DE CHUVA	21
3.3.4 SEMEADURA DO MILHO E ADUBAÇÃO MINERAL	21
3.3.5 SIMULAÇÃO DA INTENSIDADE DE PRECIPITAÇÃO (Ip)	22
3.3.6 REALIZAÇÃO DA COLETA DA SOLUÇÃO ESCOADA	22
3.3.7 ANÁLISES LABORATORIAIS	22
3.3.8 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	23
4 RESULTADOS	24
4.1 FÓSFORO TOTAL (Pt) NO PERÍODO APA	25
4.1.2 ANÁLISE DE SUPERFÍCIE RESPOSTA	26
4.2 LEGISLAÇÃO	29
4.3 PERÍODO APC	30
4.4 PERÍODO APA x APC	31
5 CONCLUSÃO	33
6 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	34

INTRODUÇÃO REFERENCIADA

É notável a evolução da suinocultura brasileira, bem como o aumento constante dos índices de produtividade. No entanto, com toda essa evolução da atividade suinícola aumentou-se também a preocupação com a poluição dos recursos naturais, como solo e a água (HIGARASHI, KUNZ e OLIVEIRA, 2006).

Segundo Konzen (1980), os dejetos suínos possuem potencial de poluição considerável, podendo prejudicar o meio ambiente, em especial o desenvolvimento de peixes e outros organismos aquáticos.

A adição de dejetos ao solo acima de sua capacidade de processamento tem como principal consequência a transferência de nutrientes para os ambientes aquáticos e consequentemente a eutrofização das águas (CORRELL, 1998), dentre estes, o fósforo (P) tem grande importância nutricional para as plantas e a biota quando o solo é deficiente, porém, devido a complexidade de sua dinâmica no solo pode ser poluente quando transportado a esses mananciais de água superficial e, ou, subsuperficial. (BARROW, 1999).

A percepção do produtor rural de que a adubação aplicada ao solo, quando orientada ao fósforo, deve apenas obedecer critérios produtivos e econômicos, desconsiderando assim as questões ambientais acaba sendo reforçada já que segundo CONAMA (2009), o elemento não é reconhecido como possível contaminante de solo pela legislação brasileira.

Dentre as fontes utilizadas como fonte de P na agricultura, está a aplicação de ARS (água residuária de suinocultura), uma vez que representa recurso interno nas propriedades rurais, torna-se atraente economicamente ao produtor. Quando aplicado, a ARS tem potencial para aumentar a quantidade de grãos e melhorar as características químicas, físicas e biológicas do solo, como o aumento da matéria orgânica e a fertilidade, já que os nutrientes contidos, após a mineralização podem ser absorvidos pelas plantas, da mesma forma que os fertilizantes químicos (SEGRANFREDO, 2007).

Segundo Scherer *et al.*, (1996), a aplicação da ARS exige cautela, pois apesar de ser fonte de nutrientes, é considerada como fertilizante não balanceado, deixando as vezes de atender as necessidades nutricionais das plantas e a disponibilidade de nutrientes no solo, ou até mesmo efeito contrário, promovendo excesso de alguns.

De tal forma, o excesso de fósforo no solo pode causar efeitos ambientais negativos, principalmente quando arrastado para ambientes aquáticos, onde se torna fator limitante no processo de eutrofização das águas (DANIEL, SHARPLEY e LEMUNYON, 1998).

Um dos principais motivos de transferência de fósforo via escoamento superficial está ligado ao acúmulo do nutriente na camada superficial do solo (DURIGON *et al.*, 2002). (SHARPLEY e HALVORSON, 1994; SHARPLEY, HEDLEY e SIBBESEN, 1995), descrevem duas formas de transferência do fósforo de ambientes terrestres para ambientes aquáticos, segundo os autores essa transferência pode ser via fósforo solúvel (PS) e via fósforo particulado (PP).

Após a realização de estudo com aplicação de 0, 20, 40 e 80 m³ ha⁻¹ de ARS (água residuária de suinocultura) em solo argissolo, conduzido em sistema de plantio direto, Ceretta *et al.*, (2010) concluiu que o transporte de fósforo através de escoamento superficial não deve-se apenas a quantidade deste elemento presente na aplicação da ARS, mas principalmente o intervalo entre a aplicação e a primeira enxurrada.

Esses resultados podem ser explicados pela relação do tempo de reação do fósforo adicionado, com o solo, o intervalo e intensidade das precipitações, que podem diluir parte desse fósforo e infiltrar no solo não ocorrendo então transporte significativo via escoamento superficial nas precipitações seguintes ao longo do tempo (CERETTA *et al.*, 2005).

Os impactos causados a ambientes aquáticos devido ao transporte de nutrientes pelo escoamento superficial, tal como o fósforo, podem ser amenizados. Bittencourt e Gobbi (2006), concluíram em estudo realizado que a recomposição da mata ciliar e o plantio direto foram suficientes para reduzir a quantidade de P que chegava ao reservatório Piraquara II. E que dentre as duas medidas de controle a que se mostra mais eficaz é a mata ciliar com floresta, devido a capacidade de filtragem dos nutrientes.

Em razão do potencial poluente do elemento fósforo, quando aplicado deliberadamente ao solo podendo assim ter consequências danosas ao meio ambiente principalmente quando transportado para águas superficiais, onde suas concentrações máximas são estabelecidas pela legislação CONAMA (BRASIL, 2005), o presente trabalho tem por objetivo avaliar o transporte de fósforo total via escoamento superficial em solos submetidos a aplicação de ARS, adubação mineral.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o transporte de fósforo total junto ao escoamento superficial após aplicação de água residuária da suinocultura (ARS) e adubação mineral em solos com diferentes declividades, submetidos a diferentes intensidades de precipitação.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar os teores de fósforo total arrastado junto ao escoamento superficial após o período APA (após aplicação de adubações).
- Avaliar a concentração de fósforo total arrastado junto ao escoamento superficial após o período APC (após o ciclo da cultura).
- Avaliar o efeito dos fatores independentes sobre as concentrações de fósforo total na solução escoada.
- Comparar as concentrações de fósforo total nas soluções escoadas do período APA e APC com as máximas permitidas pela legislação em ambientes aquáticos.

3 METODOLOGIA

3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

O experimento foi conduzido na Universidade Federal do Paraná – Campus de Palotina, cuja localização geográfica fica a 24° 17' 36" de latitude Sul e 53° 50' 26" de longitude Oeste e altitude de 348 metros. O clima é do tipo subtropical úmido (Cfa), com precipitação média anual de 1640 mm. O município apresenta temperatura média de 21° C e a umidade relativa do ar média é de 75 a 80% (IAPAR, 2014). O solo da área é classificado como latossolo vermelho eutroferico (EMBRABA, 2013). Inicialmente, o solo foi caracterizado de 0-0,20 m de profundidade, o qual apresentou 67,5 % de argila, 16,9 % de silte e 15,9 % de areia. As propriedades químicas estão apresentadas na Tabela 1.

TABELA 1- PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO ANTES DO INÍCIO DO EXPERIMENTO.

Parâmetro	pH	CE	MO	H ⁺ +Al ³⁺ :	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	SB	CTC
	H ₂ O	μS.cm ⁻¹	g dm ⁻¹	-----	-----	mmolc dm ⁻³	-----	-----	-----
Média*	5.87 5	307	23.5	38	56.2	15	3.1	74.8	112.8
DP	±0.1 89	±42.7	±3.7	±4.7	±14.6	±4.1	±0.9	±18.7	±15.97
Parâmetro	V	Mn ⁺²	Cu ⁺²	Fe ⁺²	Zn ⁺²	B	N	P	S
	%	-----	-----	-----	-----	mg dm ⁻³	-----	-----	-----
Média*	65	127	9.35	23	6.1	0.35	1505	55.3	4.5
DP	±8.3	±5.9	±1.1	±3.3	±1.2	±0.03	±265	±15.2	±1.732

Protocolos de EMBRAPA (1997), TEDESCO et al. (1995) e RAIJ et al. (2001). P, K⁺, Cu⁺², Zn⁺², Fe⁺² e Mn: extrator Mehlich-1; Ca⁺² e Mg⁺²: KCl 1 M. * médias (n=4); DP: Desvio Padrão; pH: (H₂O); CE: Condutividade elétrica; M.O: Matéria Orgânica; H⁺+Al³⁺: Hidrogênio+alumínio (acidez trocável); Ca²⁺: Cálcio; Mg²⁺: Magnésio; K⁺: Potássio; SB: Soma de bases; CTC: Capacidade de troca catiônica; V: Saturação de bases; Mn⁺²: Manganês; Cu⁺²: Cobre; Fe⁺²: Ferro; Zn⁺²: Zinco; B: Borro N: Nitrogênio total; P: Fósforo; S: Enxofre;

3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Utilizou-se delineamento composto central rotacional (DCCR) (HAALAND, 1989), em planejamento fatorial completo 2⁴, com pontos axiais ($\alpha = (2^n)^{1/4}$). Em resumo foram, vinte e oito ensaios, sendo dezesseis ensaios fatoriais, quatro centrais e oito axiais.

Os níveis dos quatro fatores independentes estudados podem ser

observados na Tabela 2. Foram determinados cinco níveis, adotando dois níveis desejados e os demais por meio de interpolação.

TABELA 2- MATRIZ DO PLANEJAMENTO PARA OS NÍVEIS ESTABELECIDOS (VARIÁVEIS CODIFICADAS) E SEUS VALORES CORRESPONDENTES (VARIÁVEIS REAIS) PARA OS QUATRO FATORES ESTUDADOS.

FATORES	NÍVEIS (CODIFICADOS)				
	-2 (α)	-1	0	1	+2 (α)
ARS ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$)	0	75	150	225	300
ADM (%)	0	25	50	75	100
Ip (mm h^{-1})	45	60	75	90	105
i (%)	4	9	14	19	24

α): Pontos axiais calculado por $\alpha = (2^n)^{1/4}$, com $n=4$./ ARS ($\text{m}^3 \text{há}^{-1}$) Água residuária de suinocultura./ ADM (%) Adubação mineral./ Ip (mm h^{-1}) Intensidade de precipitação./ i (%) declividade.

Estudos realizados na região oeste do paraná, indicaram doses limites para a aplicação de ARS, os dois níveis utilizados para determinação das doses a serem aplicadas durante a condução do experimento tiveram como base estes estudos. (-2= $0 \text{ m}^3 \text{h}^{-1}$ e +2= $300 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$). (PRIOR *et. al.*, 2013; TESSARO *et. al.*, 2011). A definição dos níveis da ADM foram definidos como recomendação máxima e mínima. (+2= 100%) e (-2= 0%), respectivamente, sendo 0% a não utilização de ADM. A simulação de precipitação (Ip) teve como base de cálculo a intensidade de 60 mm h^{-1} (-1) utilizadas nos estudos de DAL BOSCO *et. al.*, (2008) e MORI *et. al.*, (2009) e, a lâmina de 45 mm h^{-1} (-2) suficiente para escoamento superficial. Para simular condições mais próximas a realidade de campo, foram utilizados diferentes declividades i (%), a fim de ilustrar a topografia da região.

Confeccionou-se a matriz do planejamento completo 2^4 , após a determinação dos níveis dos fatores independentes já expostos na Tabela 2. A matriz apresentada na Tabela 3, conta com os valores reais (utilizados a campo) e codificados (utilizados na análise estatística) dos fatores independentes, totalizando vinte e oito (28) ensaios realizados.

TABELA 3- MATRIZ DO PLANEJAMENTO COMPLETE 2⁴ COM OS VALORES REAIS E CODIFICADOS DOS FATORES INDEPENDENTES: ARS, ADM, Ip E i.

Ensaio	ARS m ³ ha ⁻¹	ADM %	Ip mm h ⁻¹	i (%)	Ensaio	ARS m ³ ha ⁻¹	ADM %	Ip mm h ⁻¹	i %
1 ¹	75	25	60	9	15 ¹	75	75	90	19
2 ¹	225	25	60	9	16 ¹	225	75	90	19
3 ¹	75	75	60	9	17 ²	150	50	75	14
4 ¹	225	75	60	9	18 ²	150	50	75	14
5 ¹	75	25	90	9	19 ²	150	50	75	14
6 ¹	225	25	90	9	20 ²	150	50	75	14
7 ¹	75	75	90	9	21 ³	0	50	75	14
8 ¹	225	75	90	9	22 ³	300	50	75	14
9 ¹	75	25	60	19	23 ³	150	0	75	14
10 ¹	225	25	60	19	24 ³	150	100	75	14
11 ¹	75	75	60	19	25 ³	150	50	45	14
12 ¹	225	75	60	19	26 ³	150	50	105	14
13 ¹	75	25	90	19	27 ³	150	50	75	4
14 ¹	225	25	90	19	28 ³	150	50	75	24

¹ ensaios fatoriais; ² ensaios centrais; ³ ensaios axiais.

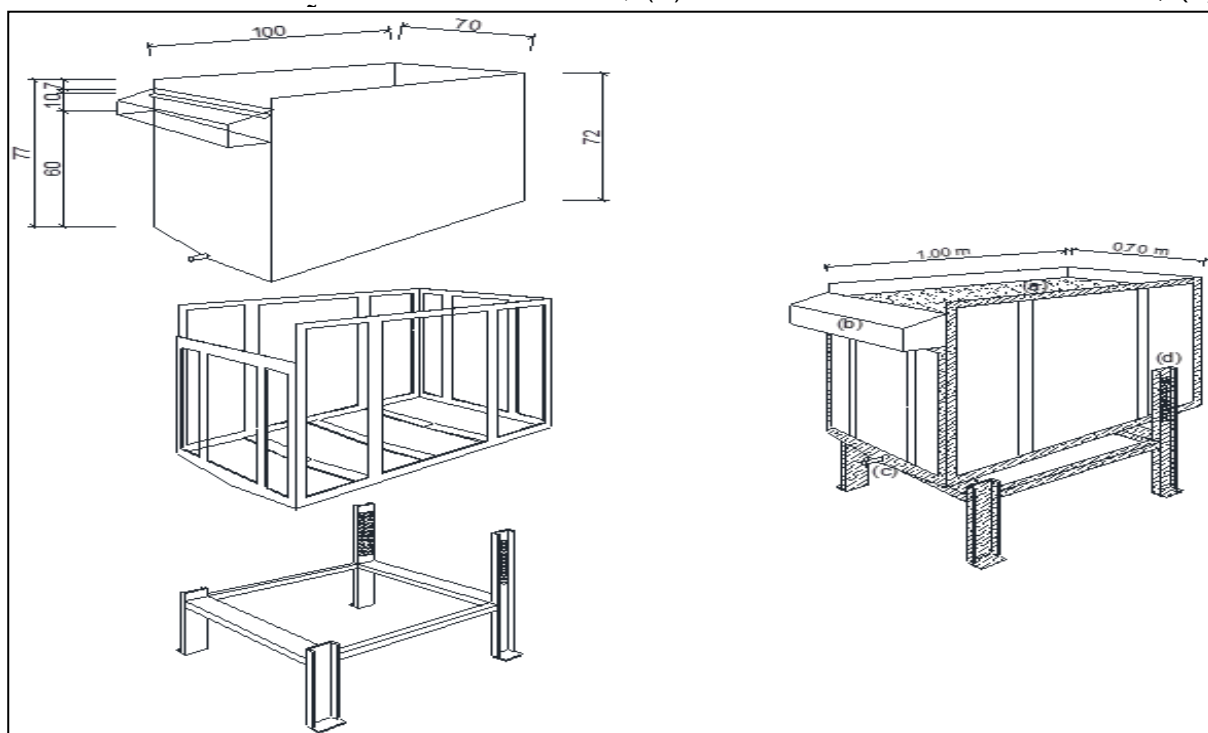
3.3 IMPLANTAÇÃO DO EXPERIMENTO A CAMPO

3.3.1 CONFECÇÃO DAS PARCELAS EXPERIMENTAIS

O desenvolvimento de lisímetros de drenagem suspensos possibilitaram a coleta do escoamento superficial. Confeccionados com polietileno rotomoldado nas medidas de 0,70 m x 1,00 m, totalizando uma área útil de 0,7 m² para a coleta do escoamento. O fundo de cada lisímetro possui inclinação de 5 % e é sustentado por uma estrutura metálica permitindo o ajuste da declividade desejada. (FIGURA 1).

O solo utilizado para enchimento dos lisímetros foi coletado de área agrícola conduzida no sistema de plantio direto, acondicionando na mesma ordem natural, 0,60 m. de solo. Antes do solo, o fundo de cada lisímetro foi preparado com uma camada de pedra brita, lavada com solução de HCL 0,1 mol L⁻¹, seguido de uma manta filtrante (Bidim). Seis meses foram respeitados para acomodação do solo, necessitando reposição da diferença ao fim desse prazo.

FIGURA 1- LISÍMETRO DE DRENAGEM SUSPENSO COM COLETA DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL E LIXIVIADO. (A) ÁREA ÚTIL DE EXPERIMENTAÇÃO; (B) COLETOR DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL GERADO EM "A"; (C) LOCAL DE COLETA DO LIXIVIADO; (D)



FONTE: Dieter (2013)

3.3.2 CARACTERIZAÇÃO DA ARS

A ARS foi aplicada nas dosagens demonstradas na tabela 2 (0; 75; 150; 225; e 300 m³ ha⁻¹) de forma manual com o auxílio de um regador, sobre a área útil da parcela (7 m²), evitando a ocorrência de escoamento superficial. A ARS utilizada durante todo o experimento foi coletada na saída do biodigestor de uma UPL (Unidade de produção de leitões). As características físicas-químicas podem ser observadas na tabela 5.

TABELA 4- CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA RESIDUÁRIA DA SUINOCULTURA (ARS) APLICADA AO SOLO.

Parâmetros	Unidades	Valores	Parâmetros	Unidades	Valor
pH	-	7,8	Manganês	mg L ⁻¹	1,0
Condutividade Elétrica	μS m ⁻¹	7.300,0	Zinco	mg L ⁻¹	46,0
Carbono Orgânico	mg L ⁻¹	1325,0	Ferro	mg L ⁻¹	26,3
Nitrogênio total	mg L ⁻¹	1107,0	DQO	mg L ⁻¹	68.80
Fósforo	mg L ⁻¹	322,0	Turbidez	UNT	2.138
Potássio	mg L ⁻¹	592,0	Sólidos totais	mg L ⁻¹	11.60
Cálcio	mg L ⁻¹	511,0	Sólidos Fixos	mg L ⁻¹	5.400
Magnésio	mg L ⁻¹	152,0	Sólidos Voláteis	mg L ⁻¹	6.200
Enxofre	mg L ⁻¹	121,0	Sólidos Totais Dissolvidos	mg L ⁻¹	3.033
Sódio	mg L ⁻¹	540,0	Sólidos Fixos Dissolvidos	mg L ⁻¹	2.022
Boro	mg L ⁻¹	1,0	Sólidos Voláteis Dissolvidos	mg L ⁻¹	1.011
Cobre	mg L ⁻¹	5,6	-	-	-

Metodologia de determinação APHA, 1995

3.3.3 PROCESSOS DE ADUBAÇÃO E SIMULAÇÃO DE CHUVA

Para o estudo dos vinte e oito ensaios, a coleta da solução escoada foi realizada em dois momentos distintos:

1º Após a aplicação da adubação (APA), seguida da semeadura do milho + aplicação de ARS + Simulação da lp.

2º Após a colheita do milho (APC), seguida apenas de simulação da lp sobre os restos vegetais da cultura.

3.3.4 SEMEADURA DO MILHO E ADUBAÇÃO MINERAL

A semeadura do milho foi realizada em fevereiro de 2013 de forma manual, porém tentando simular condições de operações normais de campo. As sementes foram semeadas sob solo coberto por restos vegetais de soja TMG 7161 – 13 RR.

O híbrido de milho utilizado foi o 30A37 Hx RR da MORGAM Sementes e Tecnologia, em um espaçamento de 50 cm entre linhas e 4 sementes por metro linear. A adubação de base foi de 296 kg/ha⁻¹ (considerando 100% do recomendado) do fertilizante mineral 10-15-15, a uma profundidade de 0,05 m. Vale ressaltar ainda que a utilização das parcelas experimentais teve início no ano

de 2012, caracterizando assim uma situação de sucessão na prática de aplicação da ARS.

3.3.5 SIMULAÇÃO DA INTENSIDADE DE PRECIPITAÇÃO (I_p)

Para realização da simulação da I_p foi utilizado simulador de chuva InfiAsper/UFMS desenvolvido por Alves sobrinho *et al.*, (2008). As intensidades de precipitação foram as expostas na Tabela 2. (45, 60, 75, 90, 105 mm h⁻¹) sobre a área útil de escoamento da parcela (7 m²) durante um período de 72 min. de escoamento superficial. Esses valores de intensidade e tempo foram respeitados tanto para o período APA como para o período APC.

3.3.6 REALIZAÇÃO DA COLETA DA SOLUÇÃO ESCOADA

A coleta da solução resultante do escoamento superficial da área útil da parcela foi realizada durante 72 minutos de escoamento efetivo. O tempo foi cronometrado somente a partir do início do escoamento propriamente dito, variando principalmente conforme a intensidade de precipitação imposta e a declividade de cada parcela.

Ao final da simulação de cada parcela, a amostra devidamente identificada seguia então ao laboratório de Análises de Biossistemas Agrícolas para a determinação da concentração de fósforo total presente nas soluções.

3.3.7 ANÁLISES LABORATORIAIS

O Pt foi determinado pelo método do ácido ascórbico, aplicado às amostras submetidas à autoclavagem com persulfato de potássio em meio ácido conforme método 4500PB e 4500PE (APHA, 1995). Para leitura de absorbância, foi utilizado espectrofotômetro modelo DR/2010 marca Hach. Os resultados foram expressos em mg L⁻¹.

3.3.8 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Após as análises de tabulação e exploratória dos dados, realizou-se a construção do Gráfico de Pareto para verificar quais fatores independentes e interações foram estatisticamente significativas ($p < 0,05$) sobre as variáveis respostas de Pt. Determinados os fatores independentes e as interações significativas, ajustou-se o modelo de regressão linear múltipla para que se correlacionassem os fatores independentes significativos com as variáveis respostas. Os coeficientes significativos do modelo foram avaliados pelo teste “F” e foram considerados apenas os modelos significativos ao nível de 5%.

Realizou-se também a análise dos efeitos principais de um fator que pode ser entendido como a variação causada na resposta (variável dependente), independente dos demais fatores, ou seja, podemos estimar o efeito principal de um fator como sendo a diferença entre a resposta média do nível alto (+1) e o baixo (-1). Todas as análises foram realizadas pelo software *STATISTICA for Windows* versão 10.

4 RESULTADOS

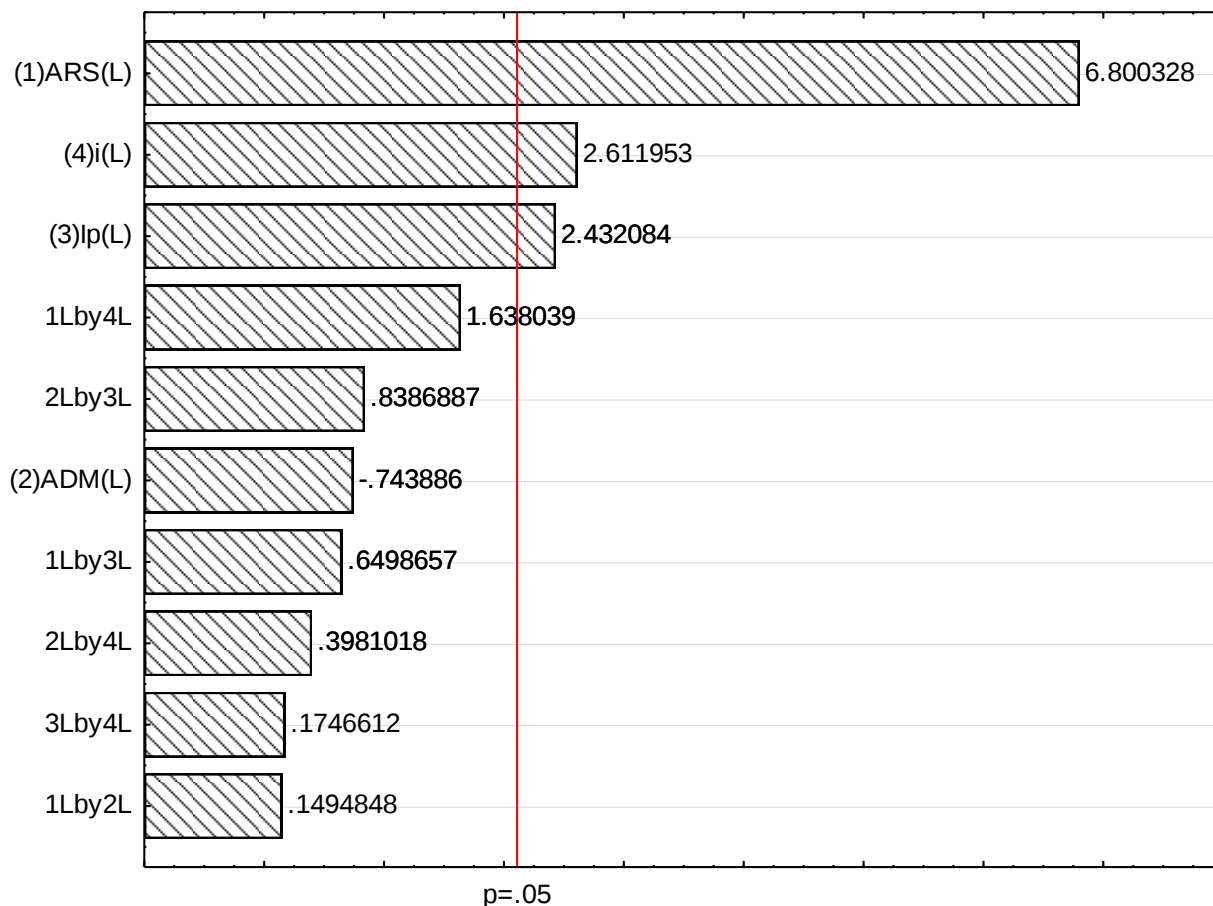
Os dados da Tabela 5 apontam os teores de fósforo total (mg L^{-1}) presentes na solução escoada da superfície após os períodos APA e APC.

TABELA 5 – RESUMO DA ANOVA REFERENTE AO TRANSPORTE DE PT JUNTO AO ESCOAMENTO SUPERFICIAL PARA OS PERÍODOS APA E APC.

Reais				Codificados				Pt (APA)	Pt (APC)
ARS	ADM	lp	i	ARS	ADM	lp	i		
150	50	45	14	0	0	-2	0	2,40	1,36
75	25	60	9	-1	-1	-1	-1	1,65	0,43
225	25	60	9	1	-1	-1	-1	2,37	0,67
75	75	60	9	-1	1	-1	-1	1,00	1,14
225	75	60	9	1	1	-1	-1	1,59	1,40
75	25	60	19	-1	-1	-1	1	1,59	0,75
225	25	60	19	1	-1	-1	1	2,63	1,43
75	75	60	19	-1	1	-1	1	1,05	0,85
225	75	60	19	1	1	-1	1	2,96	2,53
150	50	75	14	0	0	0	0	2,07	1,14
300	50	75	14	2	0	0	0	4,19	0,16
150	50	75	14	0	0	0	0	2,66	1,63
150	50	75	14	0	0	0	0	3,12	0,57
150	50	75	4	0	0	0	-2	1,22	2,90
150	50	75	14	0	0	0	0	1,93	1,38
0	50	75	14	-2	0	0	0	0,32	1,32
150	50	75	24	0	0	0	2	2,81	1,05
150	0	75	14	0	-2	0	0	3,34	1,47
150	100	75	14	0	2	0	0	3,13	1,80
75	25	90	19	-1	-1	1	1	1,77	0,80
225	25	90	19	1	-1	1	1	3,84	1,14
75	75	90	19	-1	1	1	1	1,92	0,96
225	75	90	19	1	1	1	1	3,57	1,07
75	25	90	9	-1	-1	1	-1	1,74	0,85
225	25	90	9	1	-1	1	-1	2,7	0,91
75	75	90	9	-1	1	1	-1	1,87	0,34
225	75	90	9	1	1	1	-1	2,82	0,24
150	50	105	14	0	0	2	0	2,87	0,88

4.1 FÓSFORO TOTAL (Pt) NO PERÍODO APA

GRÁFICO 1 – FATORES INDEPENDENTES E INTERAÇÕES QUE APRESENTARAM INFLUÊNCIA SIGNIFICATIVA NO AUMENTO DAS CONCENTRAÇÕES DE FÓSFORO TOTAL NA SOLUÇÃO ESCOADA (PERÍODO APA).



Significativo ao nível de 5%

Através do GRÁFICO 1 pode-se visualizar os três fatores independentes que tiveram importância significativa. Observa-se ainda que o fator ARS apresenta maior influência sobre a concentração de Pt na solução escoada que $i > lp$.

A tabela 6 apresenta a análise de variância (ANOVA), para a verificação dos fatores independentes e interações significativas estatisticamente.

TABELA 6 – ANOVA REFERENTE AO TRANSPORTE DE FÓSFORO JUNTO A SOLUÇÃO ESCOADA DA SUPERFÍCIE.

FV	GL	SQ	QM	Fcal	F tab	R ²
Regressão	3	16.54	5.51	21.87	3.01 *	0.7322
Resíduo	24	6.05	0.25			
Total	27	22.59				

4.1.2 ANÁLISE DE SUPERFÍCIE RESPOSTA

A Tabela 7 apresenta o modelo de regressão linear múltipla, ajustado sobre a variável resposta (Pt), o coeficiente de determinação (R^2) e o valor da razão de F_{cal}/F_{tab} , obtidos a partir da análise de variância para o período de avaliação APA. O modelo de regressão linear múltipla para o período APC não foi apresentado, já que não foi significativo ($F_{cal}/F_{tab} < 1$).

TABELA 7 – MODELO DE REGRESSÃO LINEAR PARA O PERÍODO APA.

Modelo de regressão linear	F_{cal}/F_{tab}
$P = 2,32 + 0,75 \cdot ARS + 0,26 \cdot Ip + 0,28 \cdot i$	7.265

A qualidade do ajuste é quantificada pelo coeficiente de determinação R^2 , fornecendo uma medida de proporção da variação explicada pela equação de regressão, em relação a variação total da resposta. A regressão é considerada estatisticamente significativa segundo o teste F. Este consiste na razão entre F_{cal}/F_{tab} , que precisa ser necessariamente maior que 1 para que haja assim relação entre as variáveis independentes e dependentes. Quando o valor da razão ($F_{cal}/F_{tab} > 4$) a regressão passa a ser não só significativa estatisticamente mas também útil para fins preditivos.

O modelo de regressão linear múltipla apresentado na Tabela 7 ajustado sobre o resultado da concentração de Pt na solução escoada, apresenta regressão significativa para descrever os resultados experimentais ($F_{cal}/F_{tab} > 1$) para o intervalo de confiança de 95%. O modelo é válido ainda para prever o comportamento do processo do transporte de Pt no escoamento superficial ($F_{cal}/F_{tab} > 4$). Segundo o coeficiente de determinação (R^2) apresentado, 73% da variação do transporte de Pt são explicados pelo modelo de equação ilustrado na Tabela 6.

Ao avaliar os coeficientes angulares dos fatores independentes percebe-se a ordem de grandeza em relação a influência sobre o aumento na concentração de Pt na solução escoada: $ARS > i > Ip$.

É possível ainda estimar em porcentagem a influência dos fatores independentes, verifica-se que o coeficiente angular da ARS (0,75) possui influência em torno de 62% maior que i e 65% maior que Ip , sobre a concentração de Pt na solução escoada da superfície. Em relação aos fatores i e Ip , o primeiro tem

influência de 7% maior que o segundo sobre a concentração de Pt da solução escoada.

Os Gráficos 2, 3 e 4 correspondem a superfície de resposta, obtidos através da utilização do planejamento fatorial. É possível assim, visualizar a superfície de resposta para o modelo de regressão linear múltipla significativa ($F_{cal}/F_{tab} > 1$). O Gráfico 2 corresponde aos fatores ARS e I_p em relação a quantidade de Pt na solução escoada da superfície. O Gráfico 3 segue à exemplo o primeiro, porém os fatores ilustrados são ARS e i . O Gráfico 4 por sua vez corresponde aos fatores i e I_p em relação a concentração de Pt na solução escoada da superfície no período APA.

Segundo a ilustração dos gráficos de superfície de resposta, tanto ARS, i e I_p apresentam relação positiva com a quantidade de Pt na solução escoada, ou seja, o aumento das taxas desses 3 fatores independentes proporciona aumento da concentração de Pt na solução escoada da superfície.

GRÁFICO 2: CONCENTRAÇÃO DE FÓSFORO TOTAL EM RELAÇÃO A (ARS) E (IP).

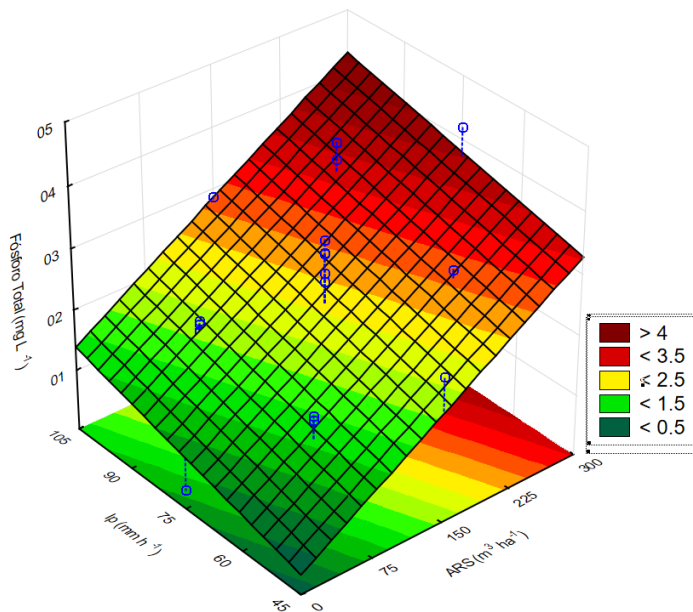


GRÁFICO 3: CONCENTRAÇÃO DE FÓSFORO TOTAL EM RELAÇÃO A (ARS) E (I).

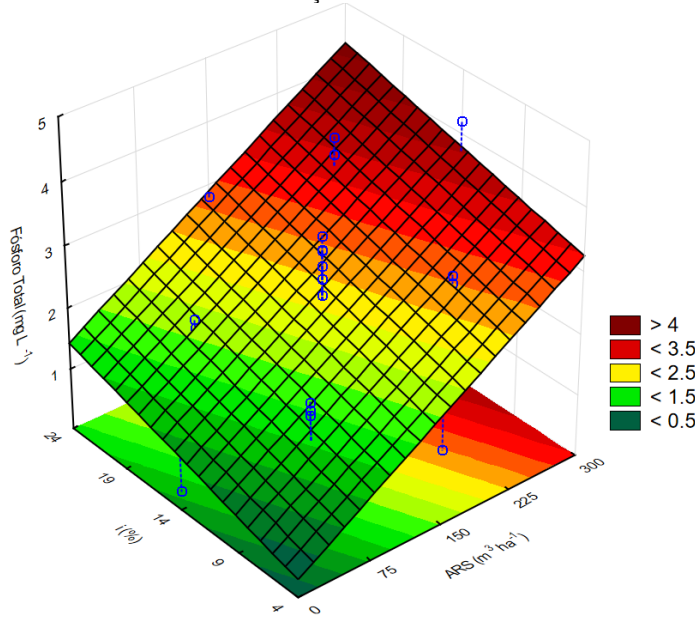
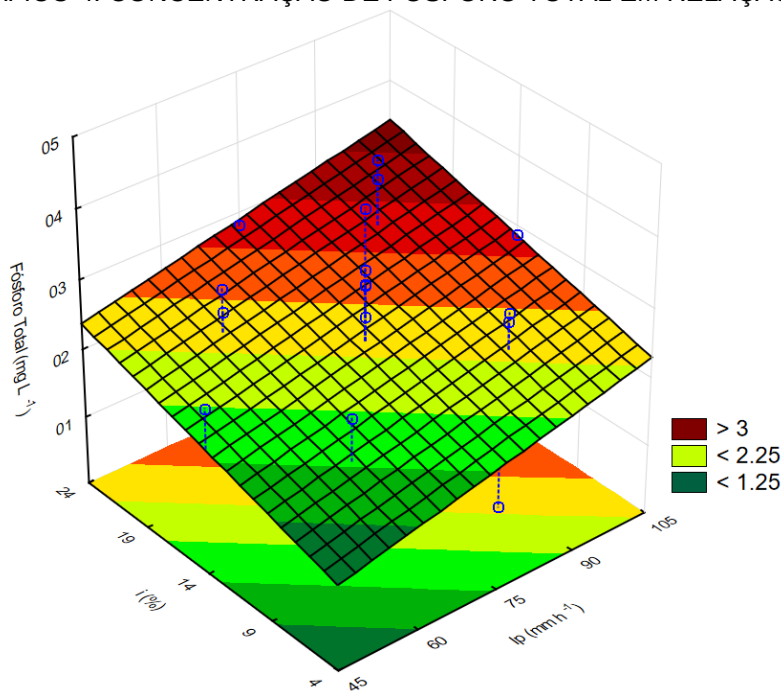


GRÁFICO 4: CONCENTRAÇÃO DE FÓSFORO TOTAL EM RELAÇÃO A (IP) E (I).



As fontes de fósforo utilizadas para o estudo foram água residuária de suinocultura e adubação mineral. Bertol *et al.*, (2010) comprovou em estudos realizados que a aplicação de ADM sobre o solo, diferentemente da forma aplicada no presente trabalho (0,05 m. abaixo do solo), proporcionou efeitos significativos na concentração de Pt junto a solução escoada na superfície. Dessa forma quando a aplicação de ADM for realizada sobre o solo, torna-se provável a significância da

concentração de Pt na solução escoada, diferentemente do que observou-se nesse estudo, onde dentre as fontes de fósforo utilizada, somente a ARS proporcionou efeitos significativos, provavelmente devido a maior solubilidade do fósforo contido na ARS e o próprio arraste da mesma pela enxurrada, já que foi aplicada sobre o solo ao contrário da adubação mineral.

Dentre os fatores independentes a ARS se mostrou o mais significativo, e que o potencial de dano ambiental devido ao arraste de Pt junto ao escoamento superficial, podendo atingir corpos d'água, é maior que nos casos de aplicações de fertilizantes inorgânicos.

O segundo fator independente seguindo a ordem de significância em relação a concentração de Pt na solução escoada é a declividade do terreno (*i*), a medida em que aumenta a *i* tende a aumentar o Pt arrastado. A explicação é bem óbvia, já que quanto maior a declividade de um terreno maior a velocidade da enxurrada, e neste caso potencializando ainda mais a capacidade do transporte de partículas de solo e sólidos da ARS presentes na superfície, ambos enriquecidos com P.

O terceiro fator independente (*I_p*), foi o de menor significância, porém, também com relação positiva no aumento da concentração de Pt na solução escoada, ou seja, aumentando a intensidade de precipitação aumenta-se a concentração de Pt arrastado, já que, com uma intensidade de chuva maior o volume de enxurrada e o seu potencial de arraste de partículas de solo e sólidos da ARS são maiores também, assim como a exemplo do fator *i*, porém com menor valor significativo.

4.2 LEGISLAÇÃO

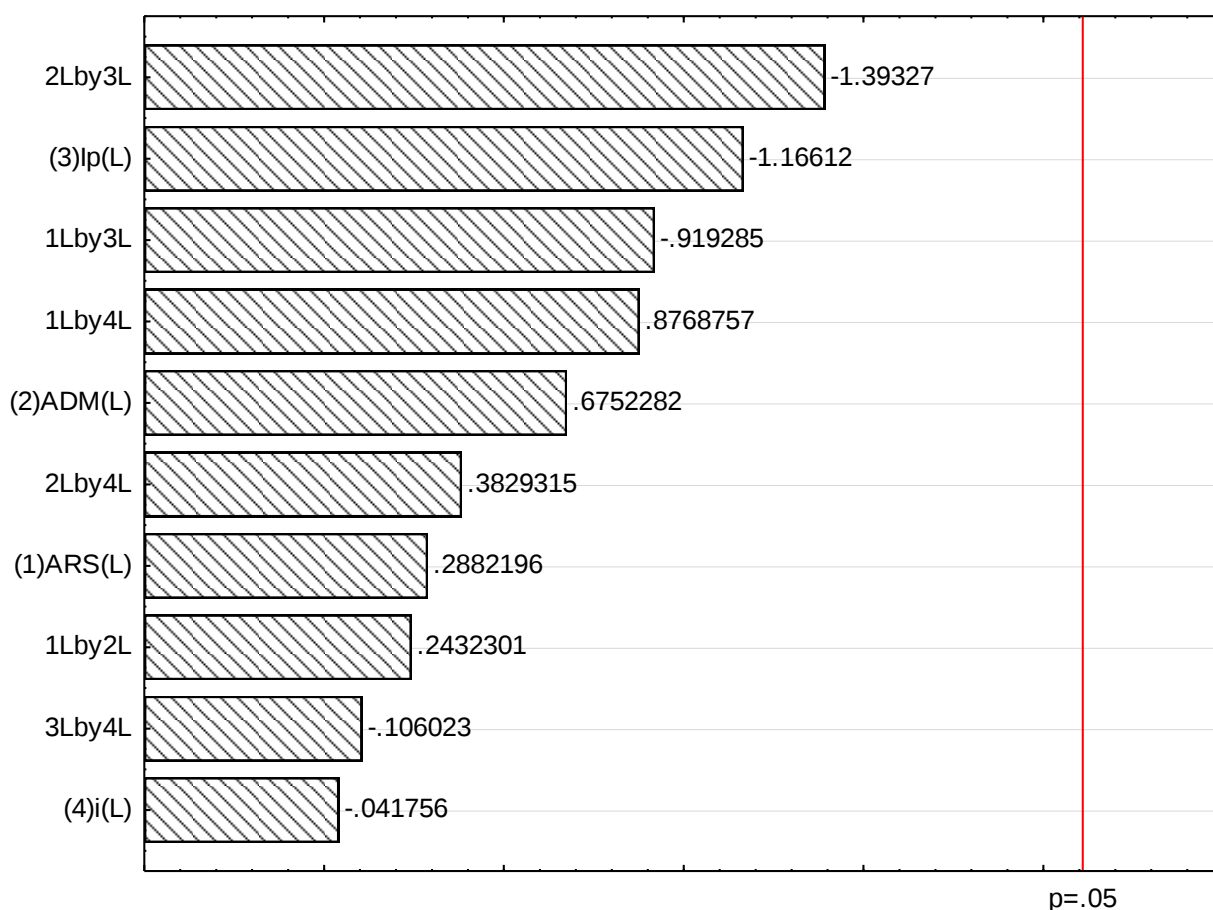
O fósforo constitui-se em um dos principais nutrientes para os processos biológicos, chamado de macro-nutriente devido a exigência em grandes quantidades pelas células, porém, quando as concentrações de fósforo ultrapassam os valores máximos permitidos em ambientes aquáticos a risco de dano ambiental através do processo de eutrofização. Para ambientes lênticos (água parada) a concentração máxima de fósforo é de 0,03 mg L⁻¹, já para ambientes lóticos (águas continentais moventes) a concentração máxima passa para 0,05 mg L⁻¹ (BRASIL, 2005).

Analizando os valores máximos de fósforo permitidos pela legislação, tanto em ambientes lênticos quanto lóticos, é possível traçar uma paralela com o presente

trabalho, onde pode-se constatar o potencial que as águas de escoamento superficial, provenientes da aplicação da ARS, tem em promover efeitos na qualidade das águas superficiais. Vale ressaltar ainda que esses efeitos causados pela ARS podem ser ainda mais potencializados por outros fatores independentes também estudados e descritos no trabalho, como a declividade do terreno (*i*) e intensidade de precipitação (*Ip*).

4.3 PERÍODO APC

GRÁFICO 5- ILUSTRAÇÃO DA INSIGNIFICÂNCIA ESTATÍSTICA DOS FATORES INDEPENDENTES E INTERAÇÕES (PERÍODO APC).



Significativo ao nível de 5%.

No Gráfico 5 está representado os fatores no período APC. No período em questão nenhum dos fatores apresentaram nível significativo estatisticamente, o fato pode estar ligado a relação do tempo necessário ao ciclo da cultura e as fontes utilizadas de fósforo (ARS e ADM). A adubação mineral já não havia apresentado valor significativo no período APA, e assim seguiu no período APC. A ARS por sua

vez foi o fator dentre todos que maior influência teve em relação a concentração de fósforo total na solução escoada no primeiro período do experimento, porém, a exemplo da ADM não apresentou significância no segundo momento. A explicação para tal fato pode estar nas características da ARS, a relação com o solo em que foi aplicada e principalmente o potencial das primeiras precipitações no arraste de Pt via escoamento superficial, em trabalho realizado por Ceretta *et al.*, (2010) as maiores concentrações de fósforo na solução escoada da superfície foram observadas nas primeiras ocorrências de precipitações após a aplicação de dejetos proveniente da suinocultura.

Os estudos comprovando a relação direta das primeiras precipitações após a aplicação da ARS e o aumento nas concentrações de Pt arrastado via escoamento superficial, reforça ainda mais o risco de eutrofização de ambientes aquáticos. Vale ressaltar então, a cautela necessária quando toma-se a decisão de utilizar ARS como fonte nutricional em sistemas agrícolas, e que torna-se imprescindível o conhecimento da previsão climática, evitando a aplicação quando houver previsão imediata de chuva. Deve-se ainda evitar áreas com alta declividade.

4.4 PERÍODO APA x APC

GRÁFICO 6- CONCENTRAÇÕES DE FÓSFORO TOTAL CORRESPONDENTE A INFLUÊNCIA DOS FATORES INDEPENDENTES (PERÍODO APA).

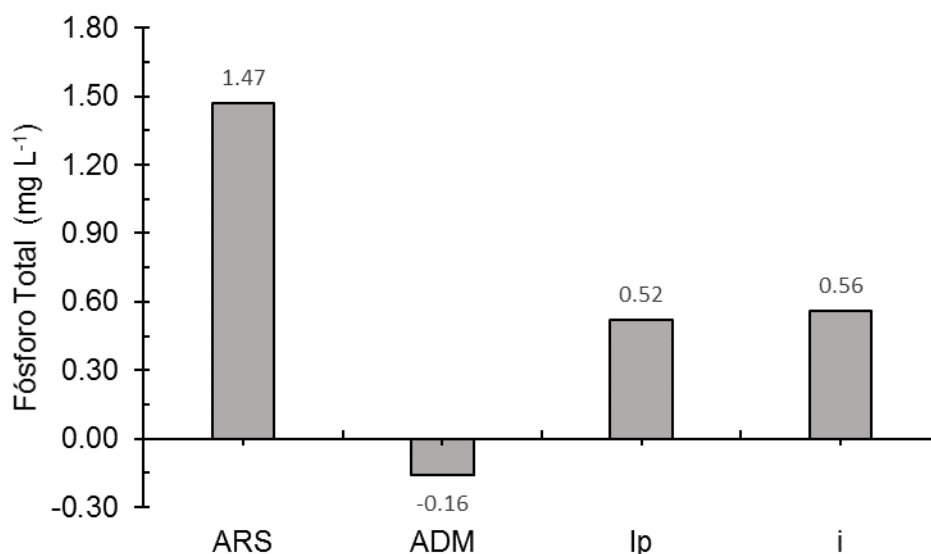
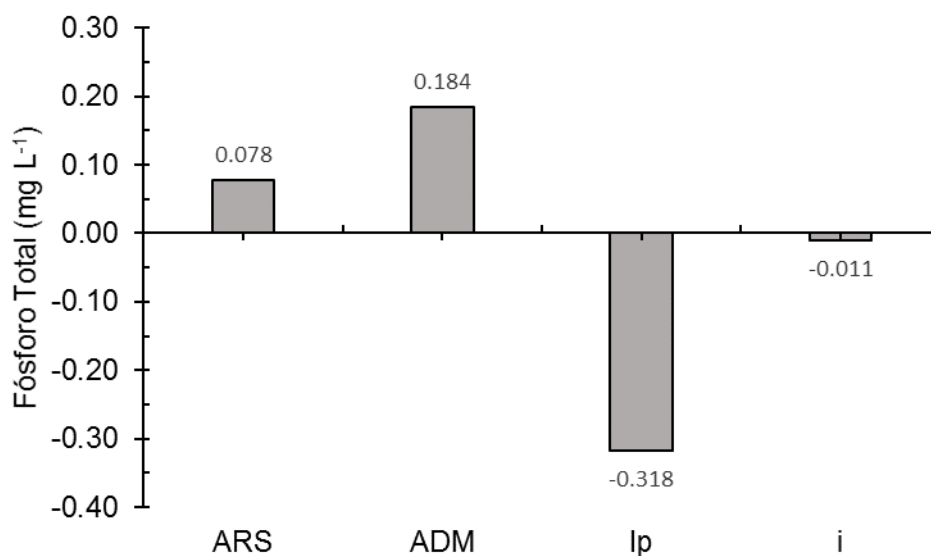


GRÁFICO 7- CONCENTRAÇÕES DE FÓSFORO TOTAL CORRESPONDENTE A INFLUÊNCIA DOS FATORES INDEPENDENTES (PERÍODO APC).



Nos Gráficos 6 e 7 apresentados, pode-se verificar os fatores independentes e seus respectivos valores correspondentes a concentração de Pt (mg L⁻¹) para o período APA (GRÁFICO 6) e APC (GRÁFICO 7). Há de destacar o fator independente ARS, que após as precipitações simuladas durante o experimento, e naturais durante o ciclo da cultura, teve uma diminuição de 95 % em relação ao seu potencial de aumento da concentração de Pt na solução escoada da superfície.

5 CONCLUSÃO

- Dentre os fatores independentes a ARS tem o maior potencial de influência sobre o aumento da concentração de fósforo total na solução escoada da superfície.
- Os fatores independentes avaliados seguem a ordem $ARS > i > I_p$ na influência sobre o aumento da concentração de fósforo total na solução escoada.
- A ADM apesar de não apresentar valor significativo estatisticamente, teve maior potencial de influência sobre a concentração de fósforo total na solução escoada no período APC do que no APA.
- A i e a I_p possuem relação positiva com o aumento da concentração de fósforo total na solução escoada, ou seja, os dois fatores podem potencializar o transporte de Pt proveniente da ARS via escoamento superficial.
- As concentrações de fósforo total do período APA e APC estão acima das concentrações máximas permitidas pela legislação, representando portanto, potencial de contaminação ambiental.

6 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

ALVES SOBRINHO, T.; MACPHERSON, H. G.; GÓMEZ, J. A. A portable integrated rainfall and overland flow simulator. **Soil Use and Management**, v. 24, p. 163-170, 2008.

BARROW, N. J. The four laws of soil chemistry: the leeper lecture 1998. **Soil Research**, v. 37, n.5, p. 787-830, 1999.

BERTOL, O. J.; RIZZI, N. E.; FAVARETTO, N.; Maria do Carmo Lana. Phosphorus loss by surface runoff in no-till system under mineral and organic fertilization. **Scientia Agrícola**, v. 67, p. 71-77, 2010.

BITTENCOURT, S.; GOBBI, E. F.; CARGA MÁXIMA DE FÓSFORO ADMISSÍVEL AO RESERVATÓRIO PIRAQUARA II, UMA APLICAÇÃO DO PROCESSO TMDL. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Curitiba, p.595-603, maio 2006.

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.

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, p. 1296-1304, 2005.

CERETTA, C. A.; GIROTTI, E.; LOURENZI, C. R.; TRENTIN, G.; VIEIRA, R. C. B.; BRUNETTO, G. Nutrient transfer by runoff under no tillage in a soil treated with successive applications of pig slurry. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 139, p. 689-699, 2010. CERETTA, C. A.; DURIGON, E.; LOURENZI, C. R.; TRENTIN, G.; VIEIRA, R. C. B.; BRUNETTO, G. Nutrient transfer by runoff under no tillage in a soil treated with successive applications of pig slurry. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 139, p. 689-699, 2010.

CORRELL, David L. The role of phosphorus in the eutrophication of receiving waters: A review. **Journal of Environmental Quality**, v. 27, n.2, p. 261-266, 1998.

DAL BOSCO, T. C.; SAMPAIO, S. C.; OPAZO, M. A. U.; GOMES, B. M.; NÓBREGA, L. H. P. Aplicação de água residuária de suinocultura em solo cultivado com soja: cobre e zinco no material escoado e no solo. **Engenharia Agrícola**, v. 28, p. 699-709, 2008.

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.

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.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3 ed. 353 p. Embrapa solos. Brasília, DF. 2013.

HAALAND, P.D. Experimental design in Biotechnology. New York: Marcel Dekker, 1989
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.

HIGARASHI, M. M.; KUNZ, A.; OLIVEIRA, P. A. **tecnologias de manejo e tratamento de dejetos suínos estudadas no Brasil**.. cadernos de ciência & tecnologia , Brasília, v.22, n.3, p.651-665, 2005.

IAPAR, Instituto Agrônômico do Paraná. **Cartas Climáticas do Paraná**. Agrometeorologia. 2014. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=677>> Acesso em: 01 de Dez. 2015.

KONZEN, E.A. **Avaliação quantitativa e qualitativa dos dejetos de suínos em crescimento e terminação, manejados em forma líquida**. 1980. 56 f. Dissertação (mestrado) - Escola de medicina veterinária, Belo Horizonte, 1980.

MORI, H. F.; FAVARETTO, N.; PAULETTI, V.; DIECKOW, J.; SANTOS, W. L. Perda de água, solo e fósforo com aplicação de dejetos líquidos bovinos em Latossolo sob plantio direto e com chuva simulada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, p. 189-198, 2009.

PRIOR, M.; SAMPAIO, S. C.; NÓBREGA, L. H. P. ; OPAZO, M. A. U.; DIETER, J.; PEGORARO, T. Combined pig slurry and mineral fertilization for corn cultivation. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 56, p. 337-348, 2013.

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).

SEGANFREDO, M. A. Uso de dejetos suínos como fertilizantes orgânicos e seus riscos ambientais. In: **Gestão ambiental na suinicultura**. Brasília: Embrapa, 2007. p. 149-175.

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.; HEDLEY, M. J.; SIBBESES, E. Phosphorus transfers from terrestrial to aquatic ecosystems. In: TIESSSEN, H. (Ed) **Phosphorus in the global environment**. Chichester: John Wiley e Sons, 1995. p. 171-200.

TESSARO, D.; SAMPAIO, S. C.; ALVES, L. F. A.; DIETER, J.; CORDOVIL, C. S. C. M. S.; De VARENNES A. Edaphic mesofauna (springtails and mites) in soil cultivated with baby corn and treated with swine wastewater combined with chemical fertilization. **International Journal of Food, Agriculture and Environment**, v. 9 n. 3 e 4, p. 983-987, 2011.

