

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LUCAS VALERIUS

**TRANSPORTE DE NITROGÊNIO DURANTE O ESCOAMENTO SUPERFICIAL
DEVIDO A APLICAÇÃO DE ADUBAÇÃO ORGÂNICA E MINERAL AO SOLO
COM DIFERENTES DECLIVIDADES E SUBMETIDO À PRECIPITAÇÃO
SIMULADA**

PALOTINA

2016

LUCAS VALERIUS

**TRANSPORTE DE NITROGÊNIO DURANTE O ESCOAMENTO
SUPERFICIAL DEVIDO A APLICAÇÃO DE ADUBAÇÃO ORGÂNICA E
MINERAL AO SOLO COM DIFERENTES DECLIVIDADES E SUBMETIDO À
PRECIPITAÇÃO SIMULADA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo, Curso de Agronomia no Setor Palotina da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Jonathan Dieter

PALOTINA

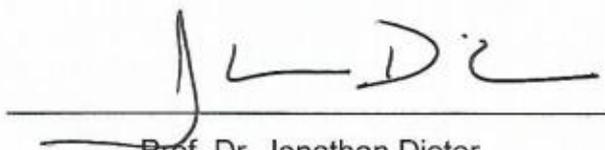
2016

TERMO DE APROVAÇÃO

LUCAS VALERIUS

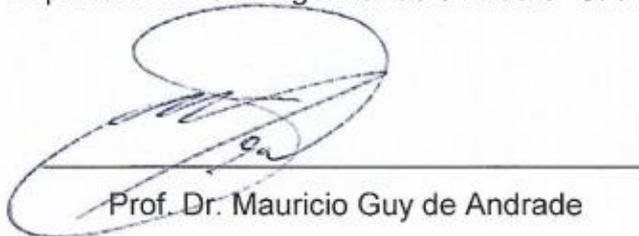
TRANSPORTE DE NITROGÊNIO DURANTE O ESCOAMENTO SUPERFICIAL DEVIDO A APLICAÇÃO DE ADUBAÇÃO ORGÂNICA E MINERAL AO SOLO COM DIFERENTES DECLIVIDADES E SUBMETIDO À PRECIPITAÇÃO SIMULADA

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:



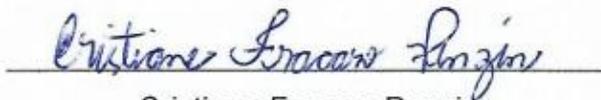
Prof. Dr. Jonathan Dieter

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

“À meus pais, irmão e avó pela oportunidade em concretizar esse sonho, sendo eles exemplos de vida e luta, em especial a minha madrinha Vera Lucia Fillipin!”

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus pela saúde, proteção e por ter me guiado sempre para os bons caminhos até alcançar mais uma vitória em minha vida.

Ao meu orientador e amigo Jonathan Dieter por sua atenção, paciência e ensinamentos valiosos transmitidos, que sem dúvida, foram imprescindíveis ao desenvolvimento deste trabalho e principalmente pela amizade e companheirismo que vem de longa data, levando comigo um verdadeiro amigo para toda a vida.

À todos os professores que dedicaram seu tempo em transmitir à mim parte de seu conhecimento durante à graduação e pela ajuda concedida para a realização desse trabalho.

Ao Programa de Graduação em Agronomia, ao Curso de Agronomia, aos professores, aos funcionários e a toda a Universidade Federal do Paraná, que oportunizou a realização deste trabalho.

Aos meus pais, Antonio Valerius e Rosa Maria Fillipin Valerius, ao meu irmão Mateus Valerius, à minha avó Delize Fillipin, por todo o apoio e compreensão, pelos momentos de ausência no período em que estive dedicado aos trabalhos e estudos, especialmente a minha madrinha Vera Lucia Fillipin que foi a base de tudo para chegar até aqui.

As minhas amigas, Samara Moreira Perissato e Laura Acco que ao longo do curso criamos um vínculo de amizade muito grande que levarei para a vida. A Cristiane Fracaro Penzin contribuindo significativamente para o desenvolvimento deste trabalho. Aos meus amigos Alef Segalla, João Carlos de Souza, Alex Soratto, Rafael Coldebella, Lucas Passolongo, Murilo Machado que sempre se dispuseram, em todos os momentos, a me ajudarem, e também aos demais amigos e colegas com os quais convivi bons momentos e estiveram presentes nessa trajetória e a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a concretização deste trabalho. A minha companheira Daniele Justen que sempre esteve disposta a ajudar, compreender e me aguentar durante essa caminhada, sempre com muita paciência e amor.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro para a realização do estudo.

RESUMO

Na região oeste do Paraná a suinocultura é uma atividade intensa, provocando preocupações ambientais devido ao grande volume de dejetos gerados. Os dejetos geralmente são utilizados para complementar a adubação mineral, entretanto associada com o clima úmido da região e diferentes declividades nos terrenos agrícolas potencializa o transporte de nitrogênio na solução escoada da superfície, causando prejuízos as águas superficiais. O objetivo dessa pesquisa foi avaliar e verificar o comportamento do Nitrogênio Total junto a solução escoada em dois períodos da cultura do milho. Foram avaliadas a aplicação de ARS e adubação mineral (ADM) ao solo conduzido em plantio direto com diferentes declividades (*i*) e submetido à simulação de diferentes intensidades de chuva (*Ip*). O experimento foi conduzido na Universidade Federal do Paraná – Setor Palotina, entre os anos 2013, em um Latossolo Vermelho distroférico. Na realização do trabalho aplicou-se de taxas ARS (0, 75; 150; 225 e 300 m³ ha⁻¹) juntamente com doses de ADM (0%, 25%, 50%, 75% e 100% da recomendada para a cultura) sobre parcelas de solo com 0,70 m² com diferentes declividades (*i*) (4, 9, 14, 19 e 24 %) cultivadas com milho, seguido da simulação da *Ip* (45, 60, 75, 90 e 105 mm h⁻¹) em dois momentos: logo após aplicação das adubações e semeadura (APA) e após a colheita do milho (APC). Ao iniciar o escoamento superficial, simulou-se a *Ip* por um período de 72 min, e coletou-se uma amostra no final. Utilizou-se o delineamento composto central rotacional (DCCR), em um planejamento fatorial completo 2⁴, para avaliar o transporte de Nitrogênio Total. Resultados: Observou-se que o Nt presente na solução escoada é proveniente da ARS. Notou-se que no período APA os principais fatores que influenciaram significativamente o transporte de Nt na solução escoada foram ARS e *I* de forma positiva, ou seja, provocaram incremento na contração de Nt. Para o período após a cultura do milho (APC) apenas a *Ip* influenciou significativamente, provocando redução da concentração com o aumento das intensidades.

Palavras-chave: Poluição difusa, escoamento superficial, água residuária da suinocultura.

ABSTRACT

In western border region of Paraná State pig farming is an intense activity, causing environmental concerns due the large volume of waste generated. The waste are generally used to supplement the mineral fertilizer, however associated with the humid environment of the region and different slopes in farmland potentiates nitrogen transport in the drained solution from the surface, causing loss of water in the surface. The objective of this research was to evaluate and verify the Total Nitrogen behavior with the drained solution in two periods of corn. We evaluated the application of ARS and mineral fertilizers (ADM) to the ground conducted in tillage with different slopes (i) and submitted to the simulation of different rainfall intensities (Ip). The experiment was leading at the Federal University of Paraná - Palotina sector between the years of 2013 in an Oxisol. In carrying out the work applied ARS rates (0, 75, 150, 225 and 300 m³ h⁻¹) together with ADM rates (0%, 25%, 50%, 75% and 100% of the recommended to culture) on ground portions with different slopes with 0.70 m² (i) (4, 9, 14, 19 and 24%) planted with maize, followed by simulation of Ip (45, 60, 75, 90 and 105 mm h⁻¹) in two stages: after application of fertilizers and sowing (APA) and after the corn harvest (APC). When starting the runoff was simulated on Ip for a period of 72 min, and a sample collected at the end. We used the central composite rotational design (CCRD) in a full factorial design 2⁴, to assess the transport of Total Nitrogen. Results: It was observed that the Nt present in the solution was drained from the ARS. It was noted that in the APA period, the main factors that significantly influenced the transport Nt in the drained solution were ARS and I positively, ie, caused increase in Nt contraction. For the period after maize (APC) only Ip influenced significantly, causing reduction in concentration with increasing intensity.

Keywords: diffuse emission, surface runoff, wastewater from swine.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DO MUNICÍPIO DE PALOTINA, NO OESTE DO ESTADO DO PARANÁ.....	177
FIGURA 2 - LISÍMETRO DE DRENAGEM SUSPENSÃO COM COLETA DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL E LIXIVIADO.	188
FIGURA 3 - LISÍMETRO DE DRENAGEM SUSPENSÃO COM COLETA DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL E LIXIVIADO PREENCHIDO.....	188

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - FATORES DE ESTUDO.....	155
TABELA 2 - MATRIZ DO PLANEJAMENTO DEFININDO OS NÍVEIS ESTABELECIDOS (VARIÁVEIS CODIFICAS) E SEUS VALORES CORRESPONDENTES (VARÁVEIS REAIS) PARA OS QUATRO FATORES ESTUDADOS.....	155
TABELA 3 - MATRIZ DO PLANEJAMENTO COMPLETO 2 ⁴ COM OS VALORES REAIS DOS FATORES INDEPENDENTES: ARS, ADM Ip e i....	166
TABELA 4 - PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO.	177
TABELA 5 - CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA RESIDUÁRIA DA SUINOCULTURA (ARS) APLICADO AO SOLO.	199
TABELA 6 - MATRIZ DO PLANEJAMENTO COMPLETO 2 ⁴ COM OS VALORES REAIS E CODIFICADOS DAS VARIÁVEIS INDEPENDENTES: ARS, ADM Ip e i, COM AS SUAS RESPECTIVAS CONCENTRAÇÕES DE Nt ENCONTRADAS.....	21
TABELA 7 - MODELO DE REGRESSÃO LINEAR OBTIDOS PARA O TRANSPORTE DE Nt NA SOLUÇÃO ESCOADA NA SUPERFÍCIE DURANTE O PERÍODO APA.....	23
TABELA 8 - MODELO DE REGRESSÃO LINEAR OBTIDOS PARA O TRANSPORTE DE NT NA SOLUÇÃO ESCOADA NA SUPERFÍCIE DURANTE O PERÍODO APC.....	26
TABELA 9 - ESTIMATIVA DOS EFEITOS LINEARES DOS FATORES INDEPENDENTES SOBRE A CONCENTRAÇÃO DE NT JUNTO À SOLUÇÃO ESCOADA NA SUPERFÍCIE, NOS DOIS PERÍODOS DE AVALIAÇÃO: APA E APC.....	30

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - GRÁFICO DE PARETO AO NÍVEL DE 5% DE SIGNIFICÂNCIA NO PERÍODO APA.....	22
GRÁFICO 2 - SUPERFÍCIES DE RESPOSTAS DOS MODELOS AJUSTADOS PARA PREDIZER O TRANSPORTE DE N_t EM FUNÇÃO DA TAXA DE ARS APLICADA E DECLIVIDADE DO SOLO (i).....	24
GRÁFICO 3 - GRÁFICO DE PARETO AO NÍVEL DE 5% DE SIGNIFICÂNCIA NO PERÍODO APC.....	26
GRÁFICO 4 - SUPERFÍCIES DE RESPOSTAS DOS MODELOS AJUSTADOS PARA PREDIZER O TRANSPORTE DE N_t EM FUNÇÃO DA TAXA DE ARS APLICADA E INTENSIDADE DE PRECIPITAÇÃO SIMULADA (I_p).....	27

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO REFERENCIADA	11
2 OBJETIVOS	14
2.1 OBJETIVO GERAL	14
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	14
3 METODOLOGIA	15
3.1 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL.....	15
3.2 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	16
3.3 IMPLANTAÇÃO E REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS.....	17
3.4 MÉTODOS ANALÍTICOS	20
3.5 TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS.....	20
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
4.1 AVALIAÇÕES DA TRANSFERÊNCIA NITROGENIO TOTAL APÓS A APLICAÇÃO DE ADUBAÇÕES (APA).....	22
4.2 AVALIAÇÕES DA TRANSFERÊNCIA NITROGENIO TOTAL APÓS A COLHEITA DO MILHO (APC)	25
4.3 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL	28
4.4 ESTIMATIVAS DOS EFEITOS LINEARES DOS FATORES SOBRE A CONCENTRAÇÃO DE NITROGENIO TOTAL TRANSFERIDO NO ESCOAMENTO SUPERFICIAL.	29
5. CONCLUSÃO	31
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	32

1 INTRODUÇÃO REFERENCIADA

A agricultura evoluiu muito nos últimos anos, porém pode-se observar um aumento de adubação não apenas mineral, mas também orgânica. Os principais adubos orgânicos utilizados são os dejetos de animais, pois além de melhorar a fertilidade do solo é uma forma de dar destino ao resíduo gerado na propriedade. Porém é necessário um uso racional, pois em excesso é prejudicial ao ambiente e a saúde humana. Dentre os nutrientes o nitrogênio tem destaque como potencial poluidor, entretanto é essencial para as plantas e o mais aplicado na agricultura. (BERTOL *et al*, 2005).

A água residuária de suinocultura (ARS) tem características que podem ser utilizadas como fertilizantes, sendo uma solução para não acumular esse material em uma propriedade, além de auxiliar financeiramente reduzindo os custos com fertilizantes minerais. (CABRAL *et al*, 2011). Segundo Caovilla *et al* (2005) afirma que o uso dessa técnica pode reduzir em até 50% o custo de produção, além de ter uma melhoria na matéria orgânica do solo e conseqüentemente um acréscimo na produção.

Embora a ARS tenha um grande potencial poluidor, pois segundo Soares e Barros *et al*, (2003) ela possui uma grande quantidade de metais pesados em sua composição, os quais são absorvidos em pequenas quantidades pela planta, ocasionando uma grande retenção no solo ou até mesmo no processo de infiltração em solos ricos em matéria orgânica e $\text{pH} > 7$, não ocorrendo uma retenção e, por lixiviação, acaba contaminando os corpos d'água. Em contra partida Vielmo (2008) diz que ela disponibiliza os principais macros e micronutrientes dos quais as plantas necessitam como exemplo o nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, ferro, zinco, cobre e outros, reduzindo a aplicação de fertilizantes químicos.

A utilização de dejetos de suínos no solo é uma maneira de disponibilizar e ciclar os nutrientes para as plantas. Entretanto pode ocorrer arraste de nutrientes junto ao escoamento superficial, sendo a magnitude influenciada por diversos fatores. Exemplo disso, podemos destacar a aplicação de dose elevadas associada a relevos acidentados, ocorrência de precipitações pluviais em solos com aplicação de ARS com baixa

permeabilidade e pouca cobertura. Sendo assim quantidades de nitrogênio e fósforo, constituintes de Água Residuária de Suínos, podem ser perdidas em valores significativos por escoamento superficial. Há perdas de 25 a 50% de Nitrogênio após a aplicação do dejetos e ocorrência de chuvas pesadas e sucessivas, contudo essas perdas podem variar de acordo com a dose e precipitações. (CERETTA, *et al*, 2005).

A disponibilidade de N proveniente do dejetos e a demanda da cultura é outra preocupação para o uso racional do dejetos, pois cerca de 50% do N encontra-se em forma mineral. A aplicação do dejetos ocorre, geralmente, antes da implantação da cultura, nesse período podem ocorrer diversas precipitações havendo uma movimentação no nitrato (NO_3^-) no perfil do solo, reforçando a ideia de sempre manter uma cultura de cobertura no solo. (BASSO *et al* 2005). Esse sistema de cobertura do solo está relacionado diretamente com a erosão hídrica, pois segundo Panachuki *et al* (2006) é a principal problemática de degradação do solo, afetando diretamente a produtividade e até mesmo o meio ambiente, necessitando assim de um controle para favorecer uma sustentabilidade no agroecossistemas.

Segundo Matos, *et al*. (2004), O nitrato (NO_3^-) e o amônio (NH_4^+) acontece naturalmente no solo e águas, como produtos da mineralização da matéria orgânica, porém há grandes concentrações desses íons quando acontece lançamento de material orgânico ou aplicações excessivas de fertilizantes nitrogenados no solo.

O nitrogênio é encontrado de duas formas no escoamento superficial: solúvel e particulada. A sua forma solúvel é constituída por N-NO_3^- e N-NH_4^+ , sendo disponível a vida aquática. A fórmula particulada está relacionada à fração a qual esta adsorvida ao solo ou até mesmo em partículas orgânicas, representando uma fonte em longo prazo. (SILVEIRA, *et al*, 2011).

Segundo Mori (2008), Para o nitrogênio na forma de N-NO_3^- , a lixiviação é a principal forma de transporte deste íon para a água, porém é constatado que elevadas perdas podem ocorrer em precipitações logo após a aplicação de fertilizantes, sejam eles minerais ou orgânicos. Embora a perda de nitrato geralmente seja pequena, ocorrem outras formas de perdas de nitrogênio para o escoamento superficial, por exemplo, a perda de N-NH_4^+ , e N particulado, apresentam valores significativos.

De acordo com Silveira *et al*, (2011), A adubação frequente elevam as concentrações dos nutrientes no solo, sendo assim eleva o potencial de transporte de nutrientes do solo para a água ocasionando problemas. Bertol (2005) afirma que a atividade agropecuária está interferindo na qualidade da água, pois o escoamento superficial está cada vez mais rico em nutrientes especialmente em substâncias orgânicas e nutrientes como fósforo e nitrogênio, ocasionando, por exemplo, a eutrofização, alta concentração de nutrientes na água, resultando em um grande crescimento de algas, reduzindo a disponibilidade de oxigênio e prejudicando o ambiente aquático.

A infiltração em um solo está relacionada com o seu potencial, por exemplo, um solo seco tem um potencial reduzido de água, sendo assim possui uma infiltração inicialmente rápida, com o passar do tempo ocorre uma redução nessa infiltração devido a elevação do potencial, saturando a superfície. O escoamento superficial corresponde ao deslocamento das águas quando a precipitação excede a taxa de infiltração de um solo, esse escoamento é influenciado pelo tipo do relevo, declividade e cobertura vegetal. (SPORH 2007)

A precipitação, simulada ou pluvial, é o principal fator que influencia o escoamento superficial, levando em consideração duas características, duração e intensidade. A duração de uma precipitação está relacionada diretamente com a capacidade de infiltração do solo, quanto mais longa a precipitação maior a redução da capacidade de infiltração no solo. A intensidade dessa precipitação influenciará na rapidez a qual a taxa de infiltração é suprida, ocasionando o acúmulo de água que escoará pela superfície. (SPORH 2007)

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem como objetivo verificar a transferência de Nitrogênio Total (Nt) no escoamento superficial devido à aplicação de água residuária da suinocultura e adubação mineral ao solo com diferentes inclinações sob condição de chuva simulada.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Os objetivos específicos do presente trabalho são:

- Avaliar o transporte de Nitrogênio total (Nt) na solução escoada após a aplicação das adubações e colheita do milho.
- Analisar as condições das concentrações escoadas de acordo com a legislação.
- Avaliar o efeito dos fatores independentes sobre as concentrações de transporte do Nitrogênio total (Nt) na solução escoada.

3 METODOLOGIA

3.1 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

Para o estudo da influência dos fatores (TABELA 1) sobre a transferência de nitrogênio junto a solução escoada na superfície, utilizou-se um delineamento composto central rotacional (DCCR) (HAALAND, 1989), em um planejamento fatorial completo 2^4 , com pontos axiais ($\alpha = (2^n)^{1/4}$).

TABELA 1 - FATORES DE ESTUDO.

Fatores:
<ul style="list-style-type: none"> • Água residuária da suinocultura (ARS) • Adubação mineral (ADM), • Intensidade de precipitação simulada (I_p) • Declividade do solo (i)

Na Tabela 2 encontra-se a matriz do planejamento com os níveis adotados e na Tabela 3 a matriz do planejamento completo 2^4 , com os valores dos fatores independentes dos 28 realizados.

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

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

(α): Pontos axiais calculado por $\alpha = (2^n)^{1/4}$, com $n=4$.

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

Ensaio	ARS	ADM	Ip	I	Ensaio	ARS	ADM	Ip	I
	m ³ ha ⁻¹ (kg ha ⁻¹)	% (kg ha ⁻¹)	mm h ⁻¹	(%)		(m ³ ha ⁻¹) (kg ha ⁻¹)	% (kg ha ⁻¹)	mm h ⁻¹	%
1 ¹	75 (24,15)	25 (180)	60	9	15 ¹	75 (24,15)	75 (540)	90	19
2 ¹	225 (72,45)	25 (180)	60	9	16 ¹	225 (72,45)	75 (540)	90	19
3 ¹	75 (24,15)	75 (540)	60	9	17 ²	150 (48,30)	50 (360)	75	14
4 ¹	225 (72,45)	75 (540)	60	9	18 ²	150 (48,30)	50 (360)	75	14
5 ¹	75 (24,15)	25 (180)	90	9	19 ²	150 (48,30)	50 (360)	75	14
6 ¹	225 (72,45)	25 (180)	90	9	20 ²	150 (48,30)	50 (360)	75	14
7 ¹	75 (24,15)	75 (540)	90	9	21 ³	0 (0)	50 (360)	75	14
8 ¹	225 (72,45)	75 (540)	90	9	22 ³	300 (96,60)	50 (360)	75	14
9 ¹	75 (24,15)	25 (180)	60	19	23 ³	150 (48,30)	0 (0)	75	14
10 ¹	225 (72,45)	25 (180)	60	19	24 ³	150 (48,30)	100 (720)	75	14
11 ¹	75 (24,15)	75 (540)	60	19	25 ³	150 (48,30)	50 (360)	45	14
12 ¹	225 (72,45)	75 (540)	60	19	26 ³	150 (48,30)	50 (360)	105	14
13 ¹	75 (24,15)	25 (180)	90	19	27 ³	150 (48,30)	50 (360)	75	4
14 ¹	225 (72,45)	25 (180)	90	19	28 ³	150 (48,30)	50 (360)	75	24

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

3.2 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

Desenvolveu-se o presente trabalho 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 da região é caracterizado como 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 (EMBRAPA, 2013). Inicialmente, o solo foi caracterizado de 0-0,20 m de profundidade para caracterização físico-química apresentando 67,5% de argila, 16,9% de silte e 15,9% de areia. As propriedades químicas são apresentadas na Tabela 4:

TABELA 4 - PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO.

Parâmetro	pH	CE	MO	H ⁺ +Al ³⁺ :	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	SB	CTC
	H ₂ O	µS.cm ⁻¹	g dm ⁻¹	-----mmol _c dm ⁻³ -----					
Média*	5.875	307	23.5	38	56.2	15	3.1	74.8	112.8
DP	±0.189	±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 Parão; 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;

FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DO MUNICÍPIO DE PALOTINA, NO OESTE DO ESTADO DO PARANÁ.

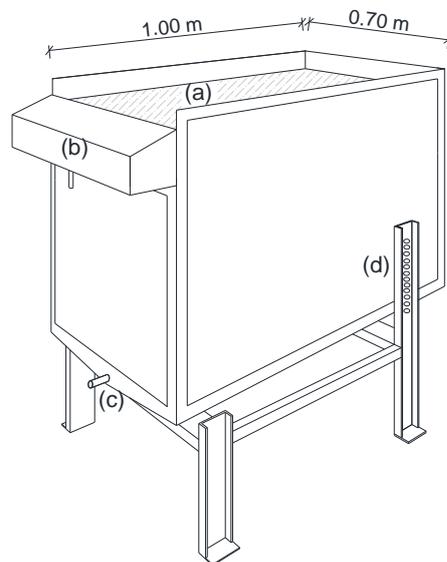


FONTE: IPARDES (2016)

3.3 IMPLANTAÇÃO E REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS

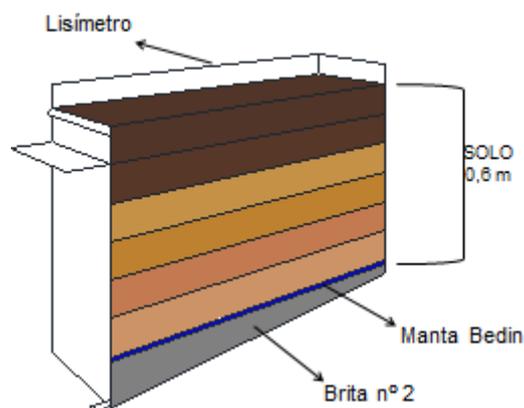
Construiu-se 28 lisímetros em polietileno rotomoldado e sustentados por uma estrutura metálica com regulagem de inclinação da superfície do solo, possibilitando a coleta do escoamento superficial e material lixiviado. A área superficial superior do lisímetro e de coleta de escoamento superficial é igual a 0,7m² (0,70 m x 1,00 m). A profundidade do solo é de 0,6 m. O fundo de cada lisímetro possui inclinação de 5%, (FIGURA 2)

FIGURA 2 - LISÍMETRO DE DRENAGEM SUSPENSÃO 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 LIXIATIVO; (D) SISTEMA DE INCLINAÇÃO DO SOLO.



Montou-se com uma camada de pedra no fundo, lavadas com solução de HCl $0,1 \text{ mol L}^{-1}$, seguido por uma manta filtrante (Bidim). Para enchimento dos lisímetros utilizou-se solo de área agrícola conduzida sob sistema de plantio direto e manteve-se a densidade e ordem natural do solo. (FIGURA 3). Após a montagem manteve-se em repouso por 6 meses.

FIGURA 3 - LISÍMETRO DE DRENAGEM SUSPENSÃO COM COLETA DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL E LIXIVIADO PREENCHIDO COM SOLO, PEDRA BRITA E MANTA BIDIM.



No período de fevereiro de 2013 cultivou-se a cultura do Milho (safrinha) sob a cobertura morta da cultura anterior (Soja). Dessa forma, o

presente estudo é o segundo ciclo de avaliação. O híbrido escolhido foi 30A37 Hx RR da Morgam Sementes e Biotecnologia, com espaçamento de 50 centímetros entre linha, semeadura de quatro sementes por metro linear e uma adubação de base de 720 kg (considerado 100% do recomendado) do fertilizante mineral 10-15-15. Acompanhou-se todo o desenvolvimento da cultura e sempre que necessário realizou-se tratamentos fitossanitários, como exemplo coletou-se manualmente as lagarta do cartucho.

Utilizou-se as seguintes dosagem de residuária da suinocultura (ARS) (0; 75; 150, 225 e 300 m³ha⁻¹), aplicou-se as taxas de ARS, com cuidado para não ocorrer escoamento superficial. Na Tabela 5 encontra-se a caracterização físico-química da ARS:

TABELA 5 - CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA RESIDUÁRIA DA SUINOCULTURA (ARS) APLICADO AO SOLO.

Nome	Unidade	Valor
pH		7.7
C. Elétrica	μS m ⁻¹	7520
C. Org. Total	mg L ⁻¹	1590
N total	mg L ⁻¹	1147
Fósforo	mg L ⁻¹	156
Potássio	mg L ⁻¹	510
Cálcio	mg L ⁻¹	192
Magnésio	mg L ⁻¹	78
Enxofre	mg L ⁻¹	59
Sódio	mg L ⁻¹	560
Boro	mg L ⁻¹	0.9
Cobre	mg L ⁻¹	2.9
Manganês	mg L ⁻¹	2.1
Zinco	mg L ⁻¹	19.6
Ferro	mg L ⁻¹	15.7

Metodologia de determinação APHA (1995).

Avaliou-se a transferência de nitrogênio total na solução escoada em dois períodos de tempo, logo após a aplicação de adubações (APA) e após a colheita da cultura do milho (APC).

Realizou-se os ensaios no período APA, descritos na Tabela 3, nas seguintes etapas:

- 1) Pré-molhamento: 240 minutos antes do início da simulação da Ip,

visando aumentar a umidade do solo e antes de iniciar o escoamento superficial regou-se de forma manual 40mm.

2) Semeadura e aplicação da dose de ADM: 40 minutos antes do início da simulação da ip.

3) Aplicação da ARS: De forma manual, 30 minutos antes do início da simulação da Ip.

4) Simulação da Ip: Iniciou-se a simulação de Ip, 30 minutos após a aplicação de ARS através do simulador InfiAsper/UFMS (ALVES SOBRINHO *et al.*, 2008), operando a pressão de 5 Psi e previamente calibrado na lâmina desejada. A ip foi simulada por um período de 72 minutos após o início do escoamento superficial, sendo retirada uma amostra do volume total da solução escoada para determinação do Nitrogênio total.

Nos ensaios do período APC foram realizadas as etapas 1 e 4 seguindo, seguindo a Tabela 3, sem fazer as aplicações das adubações.

3.4 MÉTODOS ANALÍTICOS

O N total foi determinado nas amostras brutas em analisador de Carbono Orgânico Total (TOC).

3.5 TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS

A análise da superfície de resposta tem como base o método de planejamento fatorial que consiste num grupo de técnicas usadas para o estudo das relações entre a resposta medidas analiticamente e um número de variáveis de entrada que possam ser controladas. Análise de significância foi realizada através do gráfico de Pareto ao nível de 5% de significância, sobre a resposta Nt, determinando-se quais fatores independentes seriam utilizados no ajuste do modelo regressão linear para correlacionar os fatores independentes significativos com as variáveis respostas resposta. Os coeficientes significativos do modelo foram avaliados por meio do teste “F”, sendo apenas considerados os modelos os significativos ao nível de 5%. A estimativa dos efeitos lineares foram obtidos pelo software STATISTICA, da STATSOFTTM.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 6 são apresentadas as concentrações do Nt (mg L^{-1}) para os dois períodos de avaliação.

TABELA 6 - MATRIZ DO PLANEJAMENTO COMPLETO 24 COM OS VALORES REAIS E CODIFICADOS DAS VARIÁVEIS INDEPENDENTES: ARS, ADM Ip e i, COM AS SUAS RESPECTIVAS CONCENTRAÇÕES DE Nt ENCONTRADAS.

Ensaio	Reais				Codificados				Nt (APA)	Nt (APC)
	ARS	ADM	Ip	i	ARS	ADM	Ip	i		
25	150	50	45	14	0	0	-2	0	15,18	3,81
1	75	25	60	9	-1	-1	-1	-1	3,45	2,77
2	225	25	60	9	1	-1	-1	-1	9,79	3,32
3	75	75	60	9	-1	1	-1	-1	4,08	3,41
4	225	75	60	9	1	1	-1	-1	8,91	2,98
9	75	25	60	19	-1	-1	-1	1	9,79	2,97
10	225	25	60	19	1	-1	-1	1	12,22	4,04
11	75	75	60	19	-1	1	-1	1	5,76	3,57
12	225	75	60	19	1	1	-1	1	14,35	3,08
18	150	50	75	14	0	0	0	0	12,01	2,49
22	300	50	75	14	2	0	0	0	23,07	2,50
19	150	50	75	14	0	0	0	0	16,22	2,82
20	150	50	75	14	0	0	0	0	12,95	2,28
27	150	50	75	4	0	0	0	-2	5,94	2,55
17	150	50	75	14	0	0	0	0	12,50	2,90
21	0	50	75	14	-2	0	0	0	2,04	2,43
28	150	50	75	24	0	0	0	2	11,21	2,32
23	150	0	75	14	0	-2	0	0	15,8	2,57
24	150	100	75	14	0	2	0	0	14,38	2,68
13	75	25	90	19	-1	-1	1	1	8,52	1,97
14	225	25	90	19	1	-1	1	1	13,97	2,56
15	75	75	90	19	-1	1	1	1	8,26	2,59
16	225	75	90	19	1	1	1	1	14,84	2,98
5	75	25	90	9	-1	-1	1	-1	6,45	2,22
6	225	25	90	9	1	-1	1	-1	10,37	3,06
7	75	75	90	9	-1	1	1	-1	6,74	2,07
8	225	75	90	9	1	1	1	-1	14,24	2,34
26	150	50	105	14	0	0	2	0	12,66	1,56

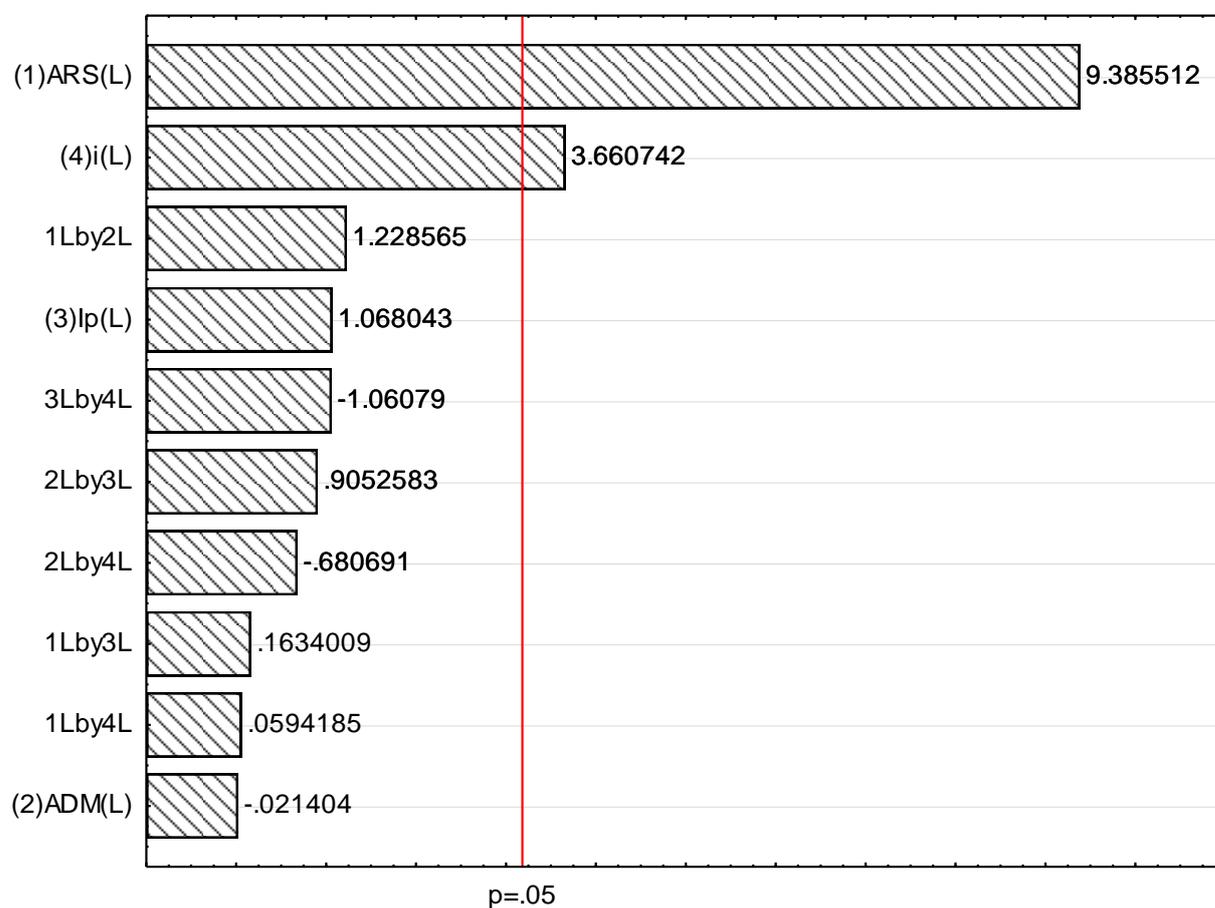
ARS: $\text{m}^3 \text{há}^{-1}$; ADM: %; Ip mm h^{-1} ; i: %; Nt: mg L^{-1} ;

4.1 AVALIAÇÕES DA TRANSFERÊNCIA NITROGÊNIO TOTAL APÓS A APLICAÇÃO DE ADUBAÇÕES (APA)

A seguir serão apresentados os resultados e análises estatísticas para o nitrogênio total (Nt) na solução escoada durante o período de análise APA.

A análise de significância dos fatores independentes foi realizada através do gráfico de Pareto ao nível de 5% de significância. No Gráfico 1 é apresentado o Gráfico de Pareto para o Nt no período APA.

GRÁFICO 1 - GRÁFICO DE PARETO AO NÍVEL DE 5% DE SIGNIFICÂNCIA NO PERÍODO APA.



Apenas os fatores independentes que obtiveram interações significativas ($p \geq .05$) foram utilizados para a construção dos modelos de regressão linear múltipla. Neste caso observa-se que foram significativos os fatores ARS ($m^3 ha^{-1}$) e i (%) e apenas estes foram utilizados para o modelo.

Na tabela 7, são apresentados os dados obtidos através da análise de variância (anova) para o modelo de regressão linear múltipla ajustado.

Podemos observar o modelo de regressão linear múltipla ajustados, o coeficiente de determinação (R^2) e o valor de F calculado e F tabelado:

TABELA 7 - MODELO DE REGRESSÃO LINEAR OBTIDOS PARA O TRANSPORTE DE Nt NA SOLUÇÃO ESCOADA NA SUPERFÍCIE DURANTE O PERÍODO APA.

Equações	Modelos de regressão linear ¹	R^2	Fcal	Ftab
(Eq.1)	$Nt = 10,92 + 3,65 \cdot ARS + 1,42 \cdot i$	0,6368	21,92	3.39*

Eq.: Equação; ¹: Variáveis de entrada codificadas; R^2 : coeficiente de determinação; Ftab= 3,39; *: significativo pelo teste F a 5%; Nt: mg L⁻¹; Valores de entrada no modelo variam de -2 a +2 (Valores codificado).

A razão encontrada entre F calculado (Fcal) e F Tabelado (Ftab), caso seja maior ou igual a 1, a regressão é considerada estatisticamente significativa, ou seja, existe relação entre as variáveis independentes (ARS e i) e dependentes (Nt). De acordo com Barros Neto *et al.* (2007) uma regressão com resultado maior ou igual a 4 torna-se útil para fins preditivos e não apenas estatisticamente significativa.

Conforme o modelo de regressão linear múltipla apresentado na equação 1 (TABELA 7), a razão entre Fcal/Ftab é de 6,47, sendo assim é considerado uma regressão significativa para descrever os resultados experimentais do comportamento do Nt na solução escoada, para um intervalo de confiança 95% (Fcal/Ftab > 1).

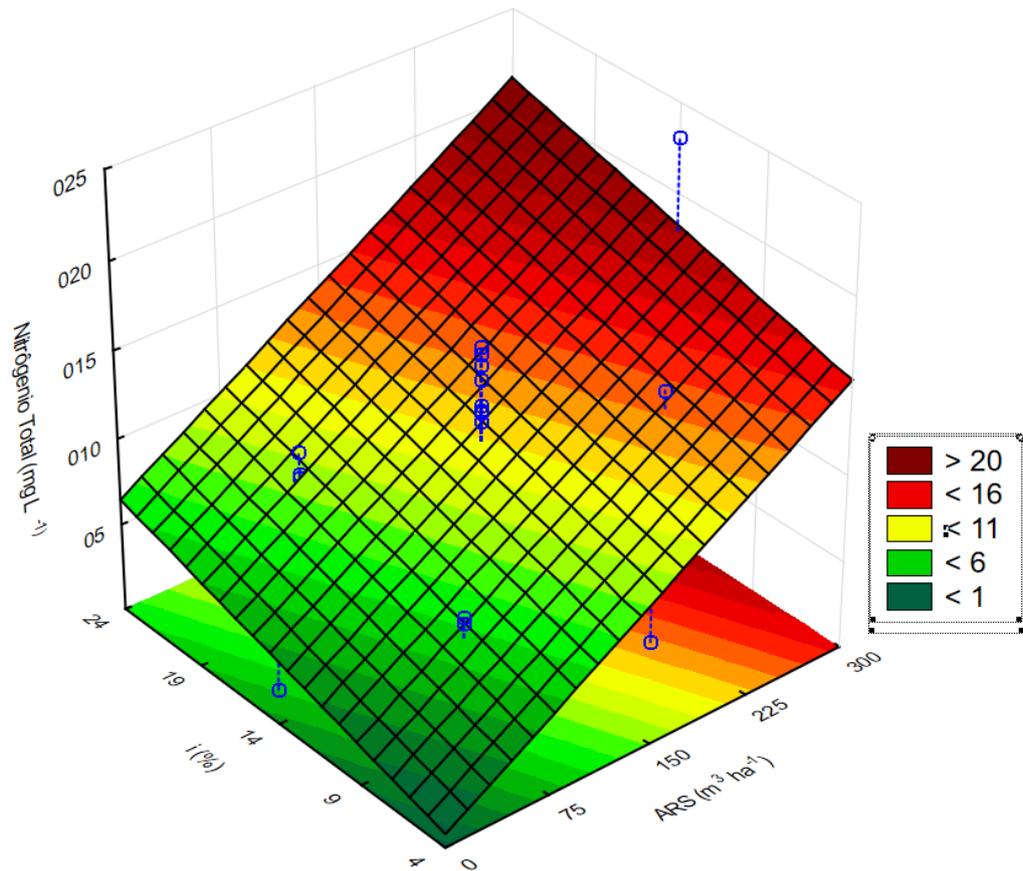
O coeficiente de determinação é simbolizado por (R^2), apresentado na Tabela 7, indica quanto da variação total é comum aos elementos que constituem os pares analisados, quantificam a qualidade dos ajustes, fornecendo uma medida da proporção da variação explicada pela equação. A qualidade da regressão é indicada por esse coeficiente variando de 0 e 1, quanto mais próximo de 1 for o coeficiente de determinação, maior será a validade da regressão (QUININO *et al* 2011). Podemos demonstrar que 63,4% da variação de Nt na solução escoada, é explicado pelo modelo da equação 1.

Na Tabela 7, ao analisarmos a equação 1, referente a concentração de Nt na solução escoada, observa-se que os únicos fatores que foram estatisticamente significativo são o ARS e a Inclinação (i), entretanto notamos uma influência de aproximadamente 2,6 vezes maior provocada pelo fator ARS em relação a declividade do solo (i) sobre a concentração de Nt na solução escoada da superfície.

O gráfico de superfície de resposta foi obtido através de um

planejamento fatorial (GRÁFICO 2) sendo possível observar a superfície de respostas do modelo de regressão linear múltipla.

GRÁFICO 2 - SUPERFÍCIES DE RESPOSTAS DOS MODELOS AJUSTADOS PARA PREDIZER O TRANSPORTE DE Nt EM FUNÇÃO DA TAXA DE ARS APLICADA E DECLIVIDADE DO SOLO (i)



Analisando o Gráfico 2, podemos ver que a ARS e Declividade do solo (i) apresentam relação positiva com a resposta de Nt. Isso indica que aumentando as doses de ARS e *i*, elevaremos as concentrações de Nt na solução escoada, mesmo que as doses de ARS possuem 2,6 vezes mais influencia que a declividade do solo.

Segundo Matos (2003) o nitrogênio é o macronutriente de maior concentração encontrado na ARS, sendo ele referencial para calcular a dosagem para a aplicação. Este fato pode ser comprovado conforme demonstra a caracterização físico-química da água residuária da suinocultura (ARS) utilizado no experimento (TABELA 5), correspondendo a uma

concentração de Nitrogênio Total (Nt) 1147 mg L⁻¹. Explicando assim o aumento significativo da concentração de Nt escoado de acordo com o aumento da dose de ARS.

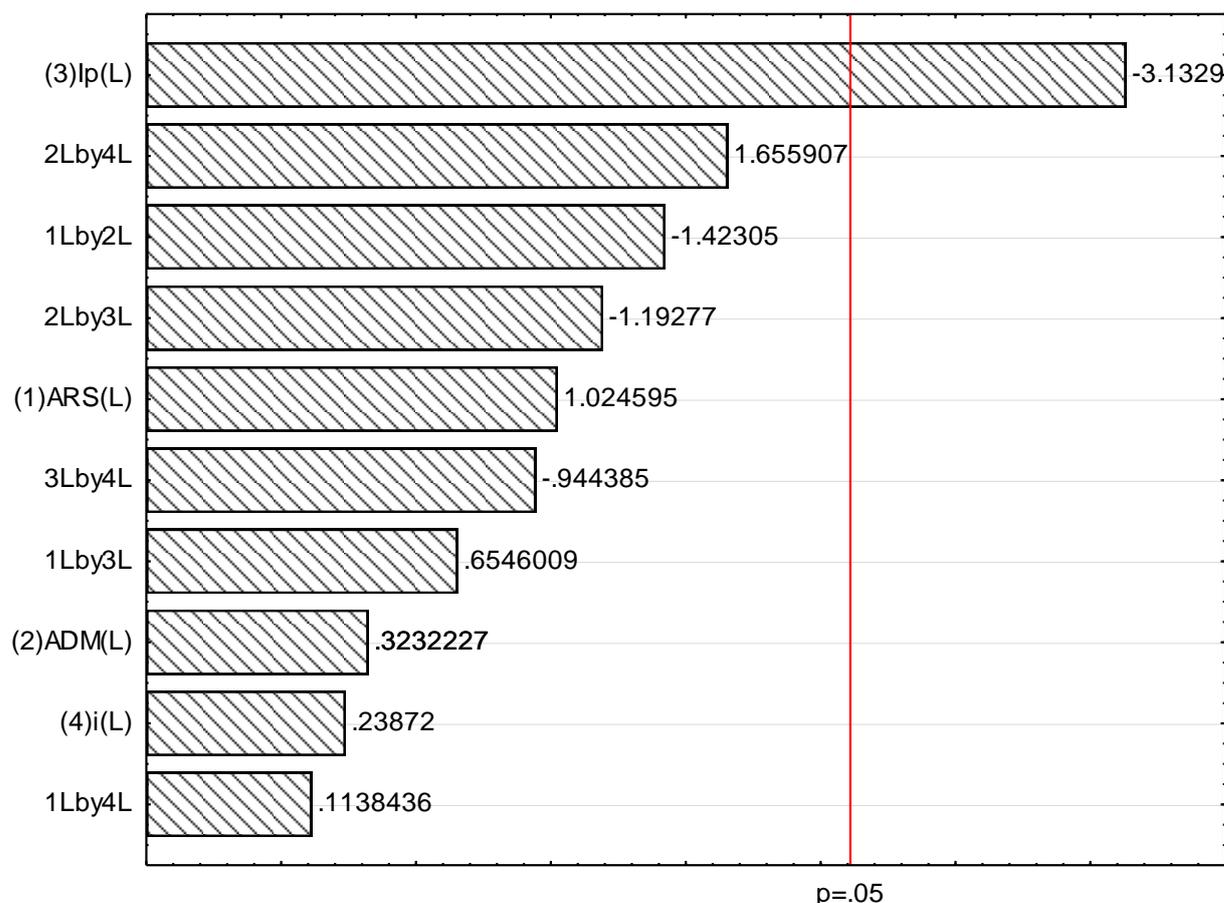
Podemos observar também nos ensaios 18 e 22 do experimento, as quais apresentam a mesma quantidade de ADM, Ip e *i* respectivamente 50%, 75 mm h⁻¹ e 14%, variando apenas a dosagem de ARS sendo 150 m³ há⁻¹ e 300 m³ há⁻¹ para os ensaios 18 e 22. Obteve-se os valores de 12,01 mg L⁻¹ e 23,07 mg L⁻¹. Comprovando novamente a grande influência da quantidade de ARS aplicado no solo em relação a concentração de Nt transportado via escoamento superficial.

Em relação da influência da declividade do solo no aumento da concentração de Nt total na superfície escoada, podemos observar nos ensaios 27 e 28, as quais possuem uma declividade de 4% e 24%, ambas mantendo a mesma quantidade de ARS, ADM e Ip (150 m³ há⁻¹, 50%, 75 mm h⁻¹) a quantidade da concentração de Nt escoado é de 5,94 mg L⁻¹ e 11,21 mg L⁻¹ sendo notório a grande diferença da concentração em comparação com a declividade de 4% e 24%. Tucci *et al*, (1997) afirma que em maiores declividade o escoamento superficial é acelerado, entretanto em declividades mais suaves o escoamento superficial é o mínimo.

4.2 AVALIAÇÕES DA TRANSFERÊNCIA NITROGENIO TOTAL APÓS A COLHEITA DO MILHO (APC)

A seguir serão apresentados os resultados e análises estatísticas para o nitrogênio total (Nt) na solução escoada durante o período de análise APC. A análise de significância foi realizada através do gráfico de Pareto ao nível de 5% de significância conforme mostra o Gráfico 3:

GRÁFICO 3 - GRÁFICO DE PARETO AO NÍVEL DE 5% DE SIGNIFICÂNCIA NO PERÍODO APC



Para construção do modelo de regressão linear múltipla, foram utilizados apenas os fatores que obtiveram interações significativas durante o período de análise. ($p \geq .05$) Neste caso o transporte de Nt total após a colheita da cultura do milho foi influenciado apenas pela Intensidade de precipitação simulada (Ip).

Esses dados foram submetidos a uma análise de variância (anova) conforme mostra a Tabela 8, Podemos observar o modelo de regressão linear múltipla, ajustados conforme as variáveis respostas do Nt, os coeficientes de determinação (R^2) e o valor de F calculado e F tabelado:

TABELA 8 - MODELO DE REGRESSÃO LINEAR OBTIDOS PARA O TRANSPORTE DE NT NA SOLUÇÃO ESCOADA NA SUPERFÍCIE DURANTE O PERÍODO APC.

Equações	Modelos de regressão linear ¹	R^2	Fcal	Ftab
(Eq.1)	$Nt = 2.75 - 0.45 * Ip$	0.5902	37.45	4,23*

Eq.: Equação; ¹: Variáveis de entrada codificadas; R^2 : coeficiente de determinação; Ftab= 4,23; *: significativo pelo teste F a 5%; Nt: $mg L^{-1}$.

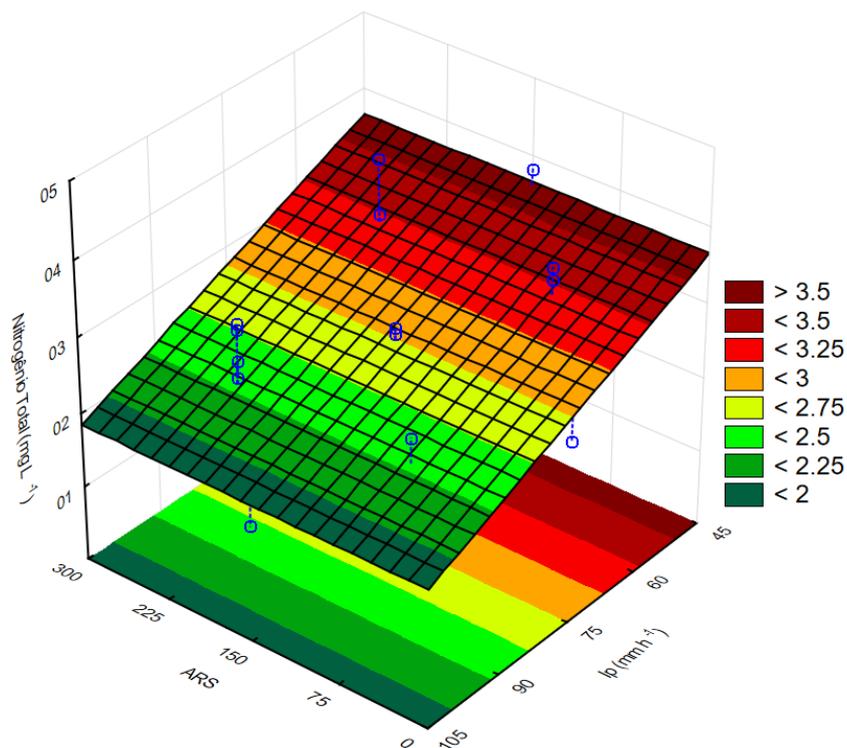
Conforme dito no item 4.1, o teste F deveria apresentar uma razão entre F calculado (F_{cal}) e F Tabelado superior ou igual a 1 para a regressão ser considerada estatisticamente significativa. O modelo da equação linear descrito na tabela 8 apresenta uma razão de 8,85. Esse valor ($F_{cal}/F_{tab} > 1$) possibilita descrever os resultados experimentais do comportamento do Nt na solução escoada após a colheita do milho, para um intervalo de confiança 95%.

O coeficiente de determinação (R^2) apresenta um valor de 0,5902, sendo assim a equação 1, demonstra 59% da variação de Nt na solução escoada.

A equação 1 (TABELA 8) mostra que apenas a Intensidade de precipitação simulada (I_p) foi estatisticamente significativa na variação da concentração de Nt no escoamento superficial após a colheita da cultura do milho, outros fatores como Adubação mineral (ADM), Água residuária da suinocultura (ARS), Declividade do solo (i) não tiveram significância.

O gráfico de superfície de resposta foi obtido através de um planejamento fatorial, conforme mostra o gráfico 4, sendo possível observar a superfície de respostas do modelo de regressão linear múltipla.

GRÁFICO 4 - SUPERFÍCIES DE RESPOSTAS DOS MODELOS AJUSTADOS PARA PREDIZER O TRANSPORTE DE Nt EM FUNÇÃO DA TAXA DE ARS APLICADA E INTENSIDADE DE PRECIPITAÇÃO SIMULADA (I_p)



A intensidade de precipitação simulada (I_p) foi o único fator que apresentou resposta em relação a concentração de Nt no período APC. Isso indica que a variação Nt na solução escoada é inversamente proporcional a intensidade de precipitação, ou seja, elevando a precipitação diminuirá a concentração de Nt em solução, provavelmente devido a diluição no volume precipitado.

Para verificar o gráfico 4, pegamos como exemplo os ensaios 25 e 26, as quais a intensidade de precipitação simulada (I_p) variou de 45 mm h^{-1} para 105 mm h^{-1} com a mesma quantidade de ARS, ADM e i ($150 \text{ m}^3 \text{ há}^{-1}$, 50%, 14%) e obteve-se uma quantidade de Nt escoada de $3,81 \text{ mg L}^{-1}$ e $1,56 \text{ mg L}^{-1}$, comprovando que quanto maior a intensidade ocorrerá uma maior diluição do volume do precipitado, ou seja, uma menor concentração de Nt na solução.

Bertol *et al* (2005) encontrou resultados semelhantes, onde aplicou $60 \text{ m}^3 \text{ há}^{-1}$ de ARS e simularam chuvas com intensidade de $72,22 \text{ mm h}^{-1}$, $63,24 \text{ mm h}^{-1}$ e $116,89 \text{ mm h}^{-1}$, obtendo-se um Nt escoado de $62,79 \text{ mg L}^{-1}$, $40,75 \text{ mg L}^{-1}$ e $38,46 \text{ mg L}^{-1}$ comprovando que conforme aumenta a precipitação diminuirá a concentração em solução.

Segundo Dieter (2013) em áreas que são utilizadas a aplicação de ARS deve existir uma preocupação com práticas de manejo conservacionistas, como exemplo rotação de culturas, com a finalidade de obter resíduos de matéria seca sobre a superfície do solo e por sua vez dissipar a energia do impacto da gota de chuva e diminuir a perda de nutrientes do solo. O terraceamento devidamente dimensionado irá influenciar diretamente na diminuição do transporte de nitrogênio por escoamento superficial.

4.3 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

De acordo com o 3º parágrafo do artigo 10 no da resolução 357/2005 do CONAMA (BRASIL, 2005) para águas doces de classes 1 e 2, quando o nitrogênio for fator limitante para eutrofização, a concentração de nitrogênio total não deverá ultrapassar o limite de $1,27 \text{ mg L}^{-1}$ para ambientes lênticos (águas paradas) e $2,18 \text{ mg L}^{-1}$ para ambientes lóticos (águas continentais moventes).

Para o período APA os valores foram muito superiores aos $1,27 \text{ mg L}^{-1}$

nos 28 ensaios realizados para ambientes lênticos, chegando a proporções de 23,07 mg L⁻¹ de Nt no escoamento superficial, entretanto observou-se que apenas no ensaio onde não ocorreu a aplicação de ARS está de acordo com a legislação para ambientes lóticos, obteve-se um concentração de 2,04 mg L⁻¹ de Nt, ou seja, apenas 3,57% dos ensaios.

Para o período APC os valores de Nt na solução escoada também não estão de acordo com a legislação para ambientes lênticos, entretanto os valores foram menores em comparação com o período APA. Em ambientes lóticos obteve-se 3 ensaios de acordo com a legislação, ou seja, cerca de 11% dos ensaios, notou-se que em ambos ensaios, a intensidade de precipitação simulada (*I_p*) foi alta (90 mm h⁻¹ e 105 mm h⁻¹) podendo ser explicado assim a diminuição da concentração de Nitrogênio total.

Deste modo, podemos concluir que o potencial das águas de escoamento superficial destes ensaios possui a capacidade de promover efeitos sobre a qualidade das águas superficiais, pois 100% dos ensaios em ambos os períodos, não estão de acordo com a legislação referentes a ambientes lênticos e aproximadamente 97% e 89%, dos ensaios APA e APC, respectivamente, não estão de acordo com a legislação referentes a ambientes lóticos.

4.4 ESTIMATIVAS DOS EFEITOS LINEARES DOS FATORES SOBRE A CONCENTRAÇÃO DE NITROGENIO TOTAL TRANSFERIDO NO ESCOAMENTO SUPERFICIAL.

A tabela 9 demonstra a estimativa dos efeitos lineares dos fatores estudados nos dois períodos avaliados (APA e APC). Nota-se que apenas as estimativas dos efeitos lineares dos fatores ARS e declividade do solo (*I*) foram significativas para o período APA e o fator de intensidade de precipitação simulada (*I_p*) foi significativo para o período APC.

Observa-se durante o período de APA (TABELA 9) que a passagem do nível na ARS de -1 para +1, ou seja, o aumento da dose de 75 m³ há⁻¹ para 225 m³ há⁻¹, proporcionou um efeito linear positivo (incremento) em média de 7,31 mg L⁻¹ na concentração de Nt. Em relação à declividade do solo, notamos a passagem do mesmo nível, ou seja, elevando-a de 9% para 19%, proporcionou

novamente um efeito linear positivo (incremento) em média de 2,85 mg L⁻¹ na concentração de Nt. Podemos verificar que o efeito linear da ARS foi 2,6 vezes maior que o efeito linear decorrente da declividade do solo (*i*) e para o período APC em ambos os fatores não observou-se valores significativos.

TABELA 9 - ESTIMATIVA DOS EFEITOS LINEARES DOS FATORES INDEPENDENTES SOBRE A CONCENTRAÇÃO DE NT JUNTO À SOLUÇÃO ESCOADA NA SUPERFÍCIE, NOS DOIS PERÍODOS DE AVALIAÇÃO: APA E APC

Fatores	Nt (mg.L ⁻¹)	
	APA	APC
ARS	7,31*	0,24
ADM	-0,01	0,02
Ip	0,83	-0,91*
<i>I</i>	2,85*	0,09

APA: 30 minutos após aplicação das adubações; APC: Após a colheita da cultura da soja.

Para o ADM não ocorreu um efeito linear significativo em ambos os períodos APA e APC, podendo ser explicado devido ao posicionamento da adubação, sendo colocado em camadas mais profundas do solo (APA) ou até mesmo a extração de nutriente da cultura do milho (APC).

No período APC a variação da intensidade de precipitação simulada (*I_p*) dos níveis -1 (60 mm h⁻¹) para +1 (90 mm h⁻¹) observamos um efeito linear negativo, ou seja, ocorreu uma redução de 0,91 mg.L⁻¹ na concentração de Nt. Entretanto se comparar o fator *I_p* nos períodos, podemos observar que no período APA, esse aumento de nível de -1 para +1 ocorreu um acréscimo na concentração de Nt, entretanto Bertol (2005) explica que independente da fonte de N utilizado, o volume de Nt escoado pela superfície sempre será maior nas primeiras chuvas independente da sua intensidade, preferencialmente quando utilizado ARS.

5. CONCLUSÃO

Com os resultados obtidos podemos concluir que:

- Das duas fontes de nitrogênio utilizadas no experimento, a ARS é a principal fonte de nitrogênio total na solução escoada da superfície do solo.
- As concentrações Nt foram reduzidas após a colheita do milho (APC) quando comparadas com o primeiro escoamento (APA), demonstrando que a transferência está relacionado com o período de aplicação.
- A aplicação de ARS potencializou o transporte de nitrogênio via escoamento superficial, tendo como maior risco ambiental o momento da aplicação, sendo assim a maioria das concentrações atingiu valores maiores do que os estabelecidos pela legislação, oferecendo um risco ambiental.
- A concentração na solução escoada durante o período APA possui efeito linear dos fatores positivamente, sendo $ARS > i$. Para o período APC observamos um fator negativo, sendo a intensidade de precipitação.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

BARROS NETO, B; SCARMINO, I. S.; BRUNS, R. E., **Como fazer experimentos. Pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria**. 3a. Ed. Editora da Unicamp, Campinas, São Paulo. 2007.

BERTOL, O. J.; RIZZI, N. E.; FAVARETTO, N.; LAVORANTI, O. J. Perdas de nitrogênio via superfície e subsuperfície em sistema de semeadura direta. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 35, n. 3, p. 429-443, 2005.

BERTOL, O. J. **CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL E DA ÁGUA PERCOLADA PELO EFEITO DE ADUBAÇÃO MINERAL E ADUBAÇÃO ORGÂNICA EM SISTEMA DE SEMEADURA DIRETA**. 209 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2005.

BASSO, C.J; CERETTA, C.A; DURIGON, R; POLETTO, N.; GIROTTI, E. Dejeito líquido de suínos: II – perdas de nitrogênio e fósforo por percolação no solo sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.6, p.1305-1312, nov-dez, 2005

CABRAL, J.R.; FREITAS P. S. L. ; REZENDE R.; MUNIZ A.S.; BERTONHA A. Impacto da água residuária de suinocultura no solo e na produção de capim-elefante **Revista brasileira de engenharia agrícola ambiental**. vol.15 no.8 Campina Grande. Agosto 2011

CAOVILLA, F.A.; SAMPAIO S. C.; PEREIRA J.O; VILAS BOAS, M.A; GOMES B.M; FIGUEIRÊDO A.C; Lixiviação de nutrientes provenientes águas residuárias em colunas de solo cultivado com soja. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, p.283-287, 2005

CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; VIEIRA, F. C. B.; HERBES, M. G.; MOREIRA, I. C. L.; BERWANGER, A. L. **Dejeito líquido 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, dez, 2005.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 357/05**. Estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas do Território Nacional. Brasília, SEMA, 2005

DIETER, J. **Transferência de fósforo por escoamento superficial devido a aplicação de água residuária da suinocultura e adubação mineral em solo com diferentes declividade sob condição de chuva simulada**. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, 2013

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

IAPAR, Instituto Agronômico do Paraná. **Cartas Climáticas do Paraná**. Agrometeorologia. 2014. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=677>> Acesso em: 17 de junho. 2016.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL - IPARDES. **Caderno Estatístico: Município de Palotina 2016**. Disponível em <www.ipardes.gov.br/cadernos/MontaCadPdf1.php?Municipio=85950> Acesso em: 20 junho 2016

MATOS, A. T.; LEMOS, A. F.; BARROS, F.M. **Mobilidade de nitrato em solos de rampas de tratamento de águas residuárias por escoamento superficial**. *Engenharia na Agricultura*, Viçosa, v.12, n.1, p.57-65, 2004.

MATOS, A. T. **Aproveitamento de efluentes líquidos domésticos e agroindustriais na agricultura**. - Encontro de preservação de mananciais da zona da mineira, 3, 2003, Viçosa, ABES/MG; Subseção Sudeste; UFV; DEA; ABAS, 2003. p. 25-79.

MORI, H.F. **Perdas de solo, água e nutrientes em sistema de plantio direto sob aplicação de dejetos líquidos de bovinos e chuva simulada**. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 2008. 65p. (Tese de Mestrado)

QUININO, R. C.; REIS, A. R.; BESSEGATO L. F.; **O Coeficiente de Determinação R² como Instrumento Didático para Avaliar a Utilidade de um Modelo de Regressão Linear Múltipla**. Departamento de Estatística. UFMG 2011

PANACHUKI, E.; SOBRIBHO, T. A.; VITORINHO, A. C. T.; CARVALHO, D. F.; URCHEI, M. A.; Parâmetros físicos do solo e erosão hídrica sob chuva simulada, em área de integração agricultura-pecuária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.10, n.2, p.261–268, 2006

SILVEIRA, F de M.; FAVARETTO, N.; DIECKOW, J.; PAULETTI, V. VEZZANI, M. F.; SILVA, E. B. **Dejetos líquidos bovinos em plantio direto: perda de carbono e nitrogênio por escoamento superficial**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 35, n. 1, p. 1759-1767, 2011

SOARES E BARROS L. S.; AMARAL, L.A.; LUCAS JUNIOR, J.; Poder poluente de águas residuárias de suinocultura após utilização de um

tratamento integrado. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, p 126-135 2003

SPOHR, R. B.; **Influencia das características físicas do solo nas perdas de água por escoamento superficial no sul do Brasil e Uruguai**. 106 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Santa Maria, Centro de ciências rurais. Santa Maria, Rio Grande do Sul 2007

TUCCI, C. E. M.; CLARKE, R.T; Impacto das mudanças da cobertura vegetal no escoamento superficial: Revisão. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Volume 2 n.1 jan/jun 1997, 135-152

VIELMO, H. **Dejeto líquido de suínos na adubação de pastagem de tifton 85**. Tese de Doutorado. Curitiba: UFPR, 2008. 125p.