



NITROGÊNIO AMONIACAL NO SOLO E NA ÁGUA LIXIVIADA DE TRÊS DIFERENTES PEDOSSEQUÊNCIAS DO PARANÁ

Eduardo Henrique de Camargo
Ravel Glovatiski

Resumo

A demanda por alimentos em virtude do crescimento da população mundial tem levado ao uso intensivo de fertilizantes nitrogenados. O trabalho objetiva avaliar a lixiviação e o comportamento do nitrogênio amoniacal ($N-NH_4^+$) em solos de colunas indeformadas de três pedossêquências do Paraná. Foram aplicadas concentrações de NPK igual a recomendada no campo no cultivo de milho, com volume de água correspondente a média anual dos últimos 10 anos de chuva na região. Os resultados mostram que a lixiviação do $N-NH_4^+$ é maior nos solos com menor quantidade de Carbono Orgânico (CO), Capacidade de Troca Catiônica (CTC), Argila e Dureza Total. A concentração de $N-NH_4^+$ na água lixiviada esteve acima dos índices máximos permitidos pelo CONAMA para o CAMBISSOLO (P2), ORGANOSSOLO (P6), ARGISSOLO (P8) e PLANOSSOLO (P9) na superfície e no ARGISSOLO (P8) e PLANOSSOLO (P9) na subsuperfície, indicando risco em potencial para os mananciais hídricos destas regiões.

Palavras-chave: Regime hídrico, cabeceira de drenagem, percolação, capacidade de filtragem do solo, nitrogênio solúvel, colunas de solos.

INTRODUÇÃO

Com o aumento da população mundial intensificou-se o uso do solo, causando um empobrecimento do mesmo e a necessidade de reposição dos nutrientes, havendo um aumento no uso de fertilizantes nitrogenados.

Os impactos ambientais provocados pelo uso de fertilizantes em áreas agrícolas vêm se tornando uma preocupação crescente, uma vez que podem se mover no solo desde a superfície até atingirem águas subterrâneas. Resultados obtidos sob os diversos sistemas agrícolas mostram que raramente uma cultura aproveita mais de 60% do nitrogênio (N) aplicado como fertilizante (REICHARD et al, p. 41-55, 2009). Dessa forma, o que não é filtrado pelo solo pode ser lixiviado e contaminar os mananciais hídricos.

O N na água apresenta-se de diversas formas: nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), amônia (NH_3), nitrogênio molecular (N_2) e N na forma orgânica. Sua presença está ligada a lixiviação de fertilizantes nitrogenados (CETESB, 124 p. 2006). ALABURDA e NISHIHARA (p. 160–165, 1998) citam os riscos do N e seus diferentes compostos à saúde humana, pelo consumo através das águas de abastecimento. Altas concentrações de N-NH_4^+ em águas superficiais (acima de $0,1 \text{ mg L}^{-1}$) pode ser indício de contaminação por fertilizantes. O nitrogênio amoniacal (N-NH_4^+) possui alto potencial de poluição nas águas, sendo um dos responsáveis pelo aparecimento de algas. A decomposição destas por microrganismos saprófitos consome oxigênio em demasia, podendo prejudicar outras formas de vida aquática como peixes. A esse fenômeno dá-se o nome de eutrofização (ARAÚJO et al, p. 537–541, p. 2004).

O N-NH_4^+ é a forma reduzida do N e sua presença em cursos d'água representa um estágio recente de decomposição da matéria orgânica, visto que os demais estados de oxidação se apresentam nas formas de nitrito e nitrato (BAIRB, p. 42-46, 2002). Dos íons contendo N, o N-NH_4^+ não é o que apresenta maior restrição na legislação vigente, porém, é um forte indicador da presença de lançamento de compostos nitrogenados nos mananciais hídricos e do futuro consumo de oxigênio no processo de nitrificação e possível crescimento de algas. Por isso, a necessidade de monitorar sua concentração na água e interação com o solo, já que o N utilizado em fertilizantes pode contaminar os

mananciais hídricos através da lixiviação. Neste trabalho foram determinadas as concentrações (mg L^{-1}) do N-NH_4^+ em águas provenientes da lixiviação de colunas indeformadas de solos de diferentes texturas e a concentração deste íon nas colunas após a percolação na forma de N-NH_4^+ disponível. Para isto, utilizou-se a reação de BERTHELOT, onde o íon amônio é transformado em amônia (N-NH_4^+), em meio alcalino, reagindo com um derivado fenólico (salicilato) na presença de hipoclorito de sódio, produzindo um composto de cor azul (indofenol), que com o catalisador (nitroprussiato de sódio) adquire a cor verde proporcional à concentração de amônia.

Para o N-NH_4^+ , o CONAMA através da Resolução nº. 357, de 17 de março de 2005 (BRASIL, 2005) estabelece valores de acordo com a classe e o pH das águas superficiais. Para a água doce classe especial (classe 1 e 2) estes valores são: $3,7 \text{ mgL}^{-1}$ para $\text{pH} \leq 7,5$; $2,0$ para pH entre $7,5$ e $8,0$; $1,0$ para pH entre $8,0$ e $8,5$; e $0,5$ para $\text{pH} \geq 8,5$.

Este trabalho tem por objetivo avaliar a lixiviação de N-NH_4^+ em colunas indeformadas de solos de três pedossequências do Paraná. Foi aplicado nas diferentes colunas uma concentração de NPK igual a recomendada no campo para o cultivo de milho. Este teor foi mensurado na tentativa de entender a dinâmica da lixiviação da N-NH_4^+ sobre diferentes regimes hídricos.

MATERIAL E MÉTODO

O estudo consiste na avaliação de três pedossequências de diferentes litotípias, nos municípios de Ponta Grossa e Paranavaí, Paraná. A primeira, com formação em Folhelhos de Formação Ponta Grossa, encontra-se na área experimental da Embrapa-Transferência de Tecnologia. Apresenta clima subtropical Cfb, segundo Koppen e altitude de 825 metros. A segunda, localizada na Fazenda Escola da Universidade Estadual de Ponta Grossa, no Arenito Itararé, tem altitude de 1040 metros. A terceira, município de Paranavaí (Arenito Caiuá), encontra-se numa propriedade particular, de clima Cfa subtropical úmido mesotérmico, segundo Koppen e altitude de 390 metros.

Foram amostradas colunas de solos com estrutura não deformada na superfície (0 a 50 cm) e subsuperfície (50 – 100 cm), utilizando tubos de PVC

com 50 cm de altura, 7,5 cm de diâmetro interno e 0,9 centímetros de espessura. Nas coletas foi utilizando um dispositivo hidráulico conectado a tomada de força de um trator New Holland TL 75E.

Os solos de cada cabeceira de drenagem foram separados por regime hídrico: Não-Hidromórficos (NH), Semi-Hidromórficos (SH) e Hidromórficos (H) e classificados de acordo com SANTOS et al (306 p., 2005), sendo a primeira pedossequencia (textura argilosa): LATOSSOLO BRUNO Distrófico rúbrico* (P1), CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico gleissólico (P2), GLEISSOLO MELÂNICO Tb Distrófico típico (P3); na segunda (textura argilosa): LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico (P4), CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico Gleissolico (P5), ORGANOSSOLO HÁPLICO “Sáprico” Tétrico (P6) e na terceira (textura arenosa): LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico (P7), ARGISSOLO ACIZENTADO Distrófico típico (P8) e PLANOSSOLO Háplico Distrófico Arênico (P9).

Após a coleta, na casa de vegetação da Embrapa Florestas, as colunas foram acopladas na posição vertical ao suporte de madeira confeccionado para o experimento. As extremidades foram protegidas para evitar perda de amostra e frascos plásticos foram colocados na base para recolhimento da água de lixiviação. Durante 5 dias foram adicionados 100 mL de água deionizada em cada coluna através de uma proveta, totalizando 500 mL. Garantindo assim que todas as colunas ficassem homogeneizadas.

Depois da saturação, foram adicionados 660 mg de NPK (5-20-20) e 100 mL de água diariamente, até o décimo segundo dia em que foram adicionados 110 mg de uréia e mais 100 mL de água, até perfazer um total de 3820 mL. Este volume foi baseado no histórico da precipitação média anual de chuvas dos últimos 10 anos da região de Ponta Grossa.

Não sendo possível a adição de 100 mL, devido a impermeabilidade do solo, adicionava-se quantidade menor. Devido a volatilização do N, as amostras de água lixiviadas eram coletadas após 6 horas da adição nas colunas. Diariamente, após a coleta, estas amostras eram levadas ao Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas da Embrapa Florestas, sendo centrifugadas a 6000 rpm (centrífuga Eppendorf 5810R) por 10 minutos em

tubos apropriados. O sobrenadante (10 mL) era coletado com pipetador automático e armazenado em geladeira a 5 °C até a realização da análise.

O teor de N-NH_4^+ em água foi determinado em espectrofotômetro (Spectrometer UV/VIS – Perkin Elmer – Lambda 20). Efetuou-se a curva de calibração com seis pontos (0, 5, 10, 15, 20, 25 e 30 mg L^{-1}) em comprimento de onda de 660 nm e em média, o r^2 da equação foi 0,9995. As amostras foram preparadas com 1,5 ml de amostra, 4,0 ml de NaOH 1M, 0,6 ml de solução de nitroprussiato e 0,6 ml de hipoclorito comercial. As leituras foram realizadas após 10 minutos da adição dos reagentes.

No solo coletado a campo, foram determinados Carbono Orgânico (CO), pH, Acidez Potencial (H+Al), Potássio (K), Nitrogênio Amoniacal (N-NH_4^+), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Alumínio (Al), conforme procedimento descrito em Embrapa (212 p., 1997). Através destes dados foram calculados: Saturação de Bases (V%), Capacidade de Troca Catiônica (CTC) e Saturação por Alumínio (SA).

As determinações de N-NH_4^+ no solo foram realizadas após extração com KCl 2M na proporção de solo/extrator de 1:10, de acordo com procedimento adaptado, descrito por MULVANEY (1123 p., 1996). A solução contendo o extrato permaneceu em repouso por 24 horas, possibilitando a decantação e então separadas as alíquotas para a análise, sem filtragem do material.

A análise estatística dos dados foi realizada através do ajuste dos modelos de regressão, considerando diferentes profundidades para os três grupos de solo. Para cada variável resposta existiam as variáveis explicativas candidatas a entrarem no modelo. O critério de seleção para o modelo utilizado foi o stepwise. As variáveis significativas geraram as equações e os R^2 . Foram consideradas as características químicas, físico-hídricas e morfológicas dos horizontes dos diferentes solos selecionados, comparando-se solos de diferentes áreas do regime hídrico que ocorrem numa cabeceira de drenagem e solos que ocorrem na mesma área do regime hídrico em diferentes texturas. Através das análises multivariadas foram identificadas às características do

solo que mais contribuem para a redução da carga de agroquímicos na água de lixiviação.

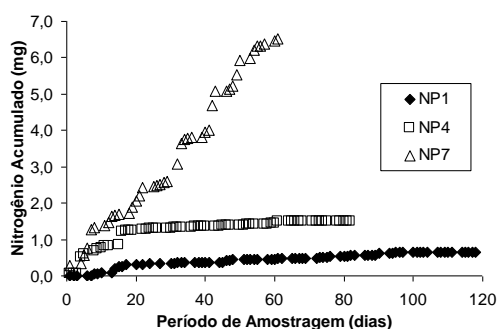
RESULTADOS E DISCUSSÕES

Solos Não-Hidromórficos (NH)

A figura 1 apresenta as perdas acumuladas da quantidade de amônia ($N-NH_4^+$) dos solos Não Hidromórficos (NH) amostrados na superfície: P1 (LATOSSOLO BRUNO Distrófico rúbico, textura argilosa), P4 (LATOSSOLO VERMELHO Distrófico Típico, textura argilosa) e P7 (LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, textura arenosa). A figura 2 apresenta as mesmas perdas acumuladas, com a diferença destes solos NH terem sido coletados na subsuperfície.

Os três solos analisados da figura 1 apresentam diferentes texturas e materiais de origem, por isso valores distintos foram encontrados na quantidade de $N-NH_4^+$. O menor valor encontrado para a superfície ocorreu para P1, com 0,7 mg. O segundo perfil que menos apresentou perdas foi o P4, também inserido em Ponta Grossa, mas com formação no Arenito Itararé, o que facilita maiores perdas. Mas a maior lixiviação de $N-NH_4^+$ ocorreu em P7, mostrando que os solos arenosos apresentam maior susceptibilidade. Esses solos apresentam menos cargas e assim, não conseguem reter seus nutrientes (SMITH et al., 398 p., 1990).

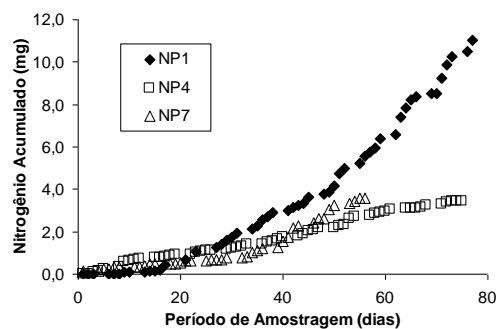
Figura 1 – Quantidade de amônia acumulada ($N-NH_4^+$) nos solos não hidromórficos de superfície: LATOSSOLO BRUNO Distrófico rúbico (P1) e LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico (P4), texturas argilosas; LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico (P7), textura arenosa.



Para os solos de subsuperfície (figura 2), a lixiviação de N-NH_4^+ apresentou um comportamento oposto ao apresentado na figura 1. O maior valor apresentado corresponde a P1, com aproximadamente 11 mg. LESPCH (178 p., 2002) afirma que o horizonte B neste solo é bem estruturado e composto de agregados com formato arredondado e tamanho muito pequeno, os quais são numerosos e acomodados de modo a deixarem uma grande quantidade de macroporos entre eles, o que proporciona uma alta permeabilidade a água, mesmo com altos teores de argila, justificando esse maior valor encontrado em relação aos outros dois perfis.

Na figura 2, P4 e P7 apresentaram praticamente os mesmos valores de N-NH_4^+ , com aproximadamente 3,5 mg, o comportamento oposto apresentado pelos solos de subsuperfície em relação a superfície.

Figura 2 – Quantidade de amônia acumulada (N-NH_4^+) dos solos não hidromórficos de subsuperfície: LATOSSOLO BRUNO Distrófico rúbrico (P1) e LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico (P4), texturas argilosas; LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico (P7), textura arenosa.



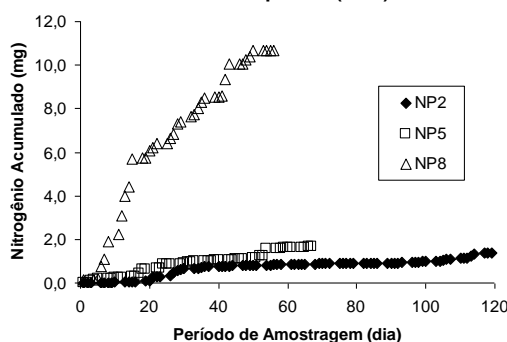
Solos Semi-Hidromórficos

A figura 3 apresenta as perdas acumuladas para avaliação de (N-NH_4^+) dos solos SH de superfície: P2 (CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico gleissólico, textura argilosa), P5 (CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico gleissólico, textura média), P8 (ARGISSOLO ACIZENTADO Distrófico Típico, textura arenosa). A figura 4 apresenta as mesmas perdas acumuladas de (N-NH_4^+), com a diferença que estes solos SH foram coletados na subsuperfície.

O menor valor encontrado de N-NH_4^+ ocorreu para P2, com 1,4 mg, seguido de P5, com 1,64 mg. Os dados mostram que este solo apresenta baixa função filtro, e, portanto, são insuficientes para a proteção dos recursos hídricos (CURCIO, p. 136–174, 2004). Se os valores lixiviados desta cabeceira de drenagem apresentam valores altos no terço médio da paisagem, a probabilidade de contaminação dos recursos hídricos é muito maior.

O P8 apresentou o maior valor de N-NH_4^+ , com mais de 10 mg. Este resultado mostra a semelhança do que ocorreu com os solos NH, que apresentam sua capacidade de filtragem insuficiente. O problema torna-se ainda maior, se levarmos em consideração que estes solos geralmente localizam-se em relevo mais movimentado na paisagem, neste caso no terço médio, e como via de regra, são classificados como distróficos, requerem doses elevadas de fertilizantes e corretivos (MELO et al, 230 p., 2007).

Figura 3 – Quantidade de amônia acumulada (N-NH_4^+) nos solos semi hidromórficos de superfície: CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico gleissólico (P2) e CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico gleissólico (P5), texturas argilosas; ARGISSOLO ACIZENTADO Distrófico típico (P8), textura arenosa.

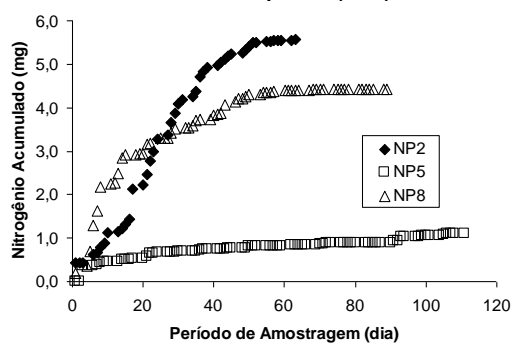


Pela figura 4, observa-se que o perfil que apresentou o maior valor de N-NH_4^+ foi P2, com 5,5 mg. O contrário ocorreu com P5 que apresentou a menor perda, com 1,1 mg de N-NH_4^+ e menos de 15% de lixiviação em relação ao total aplicado. Esta diferença acentuada deve-se a heterogeneidade do material de origem, das formas do relevo, e assim, as características destes solos variam muito de um local para o outro (EMBRAPA, 306 p., 2006). Assim,

este solo apresentou uma capacidade de filtragem maior se comparado com o P2.

O P8 apresentou uma perda bastante acentuada, chegando próximo seu valor a P2, onde a perda de N-NH_4^+ foi de 4,4 mg. Isso pode ter contribuído para que esse valor fosse elevado. Este solo mostrou-se imperfeitamente drenado (EMBRAPA, 306 p., 2006), mas mesmo assim seu valor é bastante alto. Como já citado para os outros solos do terço médio, se o valor encontra-se alto nesta posição da paisagem, a probabilidade dos solos hidromórficos não apresentarem uma depuração suficiente é muito maior. Também é preciso salientar, o que vale para considerações anteriores e futuras, que a dosagem de NPK aplicada ao solo, corresponde ao valor a ser adicionado ao solo ao longo de cinco anos de cultivo agrícola, submetido a um volume de chuvas de um ano. Isto não impede de supor que o volume de perdas acumuladas, com aplicações anuais ao longo de cinco anos, seja igual ou maior do que as obtidas neste estudo.

Figura 4 – Quantidade de Amônia acumulada (N-NH_4^+) nos solos semi hidromórficos de superfície: CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico gleissólico (P2) e CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico gleissólico (P5), texturas argilosas; ARGISSOLO ACIZENTADO Distrófico típico (P8), textura arenosa



Solos Hidromórficos

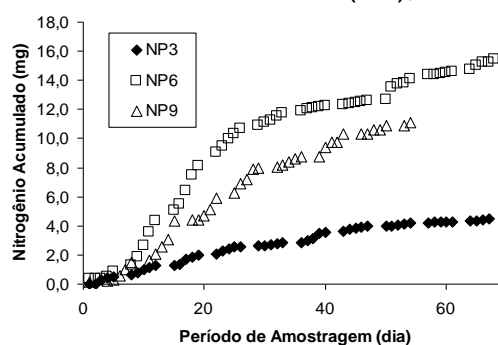
A figura 5 apresenta as perdas acumuladas para avaliação de N-NH_4^+ dos solos hidromórficos de superfície: P3 (GLEISSOLO MELÂNICO Tb Distrófico típico, textura argilosa), P6 (ORGANOSSOLO HÁPLICO “Sáprico” Térrico, textura argilosa) e P9 (PLANOSSOLO HÁPLICO Distrófico arênico*, textura arenosa). Os solos desta classe ocorrem na maioria das vezes em

áreas de relevo plano ou suave ondulado, como no caso destas cabeceiras de drenagem, onde as condições ambientais e do próprio solo favorecem vigência periódica anual de excesso de água, sendo que nas baixadas, como neste caso, que era o último solo estudado da topossequencia, estes solos são hidromórficos.

Na figura 5 observamos que a menor perda de N-NH_4^+ ocorreu para P3, com pouco mais de 5 mg. Este perfil está localizado na faixa de transição entre o ORGANOSSOLO e o CAMBISSOLO, caracterizando uma faixa de amortização para o ORGANOSSOLO dos efeitos degradantes que possam vir ao longo da cabeceira de drenagem. Portanto, tem papel fundamental na depuração para preservar a qualidade da água que chega aos ORGANOSSOLOS (CURCIO, p. 136–174, 2004).

Pelo gráfico observamos que P6 apresentou a maior quantidade de N-NH_4^+ na água de lixiviação, com mais de 15 mg. A filtragem do N-NH_4^+ torna-se bastante prejudicada, porque este solo apresenta um soterramento de 30 cm, o que propicia a diminuição da sua capacidade de suporte e potencial de depuração da água, devido a diminuição das cargas, acarretando em prejuízo da qualidade da água que transita nestes solos antes de adentrar no manancial hídrico (MELO et al, 230 p., 2007). O P9 foi o perfil que apresentou a segunda maior perda de N-NH_4^+ , chegado a mais de 11 mg.

Figura 5 – Quantidade de Amônia acumulada (N-NH_4^+) dos solos hidromórficos de superfície: GLEISSOLO MELÂNICO TB Distrófico típico (P3) e ORGANOSSOLO HÁPLICO “Sáprico” tértrico (P6), texturas argilosas; PLANOSSOLO HÁPLICO Distrófico arênico* (P9), textura arenosa.



Equações com correlações e probabilidades obtidas para os dados de amônia lixiviada

Na Tabela 1 são apresentadas às equações, os coeficientes de correlação e as probabilidades obtidos entre a quantidade de $N-NH_4^+$ lixiviada durante o período de estudo e algumas características químicas e físicas do solo determinadas. Os solos foram agrupados de acordo com a posição ocupada na paisagem, assim no grupo A estão os solos não-hidromórficos (NH) de diferentes texturas, no grupo B, os solos semi-hidromórficos (SH) e no grupo C, os solos hidromórficos (H). Embora a quantidade de $N-NH_4^+$ seja a resultante da lixiviação numa coluna indeformada da camada superficial (0 – 50 cm) e subsuperficial (50 – 100 cm) do solo, as correlações foram geradas para cada profundidade de solo amostrado no campo, antes da aplicação do adubo.

Para os solos NH, os melhores índices de determinação foram obtidos com características do solo da camada superficial (0 a 10 cm) e na camada de 30 a 50 cm. Nestas camadas, a quantidade acumulada de $N-NH_4^+$ se correlacionou com a permeabilidade saturada (Ks), carbono orgânico (CO), conteúdos de areia grossa e argila e macroporosidade. As características físico-hídricas estão relacionadas com a perda de $N-NH_4^+$ devido a maior movimentação deste elemento em solos arenosos. Como já discutido, esses solos apresentam menos carga e maior capacidade de lixiviação. Também alguns autores, como OWENS (p.137-162, 1994), justifica as correlações de $N-NH_4^+$ aos macroporos, ao movimento em canais criados por raízes em decomposição. A argila destes perfis apresenta grande estabilidade ambiental, fazendo com a perda deste elemento seja comparada aos solos de textura arenosa. Estes fatores contribuem com que a vazão seja maior, da mesma maneira os solos H apresentaram correlações areia fina, areia grossa, argila e CO. A permeabilidade correlacionou com a camada de 30 a 50 cm devido à grande quantidade de macroporos. Como a correlação que ocorreu nas profundidades de 0 – 10 e 30 – 50 cm do grupo C. O lixiviado não apresentou correlação apenas com a camada de 20 a 30 cm para os solos SH, para as demais camadas os índices de correlação foram altos e as características mais

selecionadas foram areia fina e argila, podendo ser atribuído estes valores as mesmas características do solo NH.

Tabela 1 – Equações com as correlações e probabilidades obtidas para os dados de solo de superfície de amônio lixiviado.

Profundidade (cm)	Grupo de perfis	Equação	R ² ajustado	Prob
0 - 10	A	$7,242+5252,59*Ks-1,04*CO$	93,35	< 0,001
0 - 10	B	$-19,380+0,111*Areia_fina$	88,88	< 0,001
0 - 10	C	$82,189-0,64*CO-0,104*Areia_fina+0,005*Q-0,075*Areia_grossa-0,099*Argila$	92,45	0,016
10 - 20	A	$-3,063+41,780*Macro$	71,24	0,003
10 - 20	B	$-14,236+41,364*Macro+0,061*Areia_fina$	98,26	< 0,001
20 - 30	A	$1,458+5932,301*Ks$	64,04	0,006
20 - 30	C	$-17,170+0,4233*CO+175,647*Macro+Macro+4214,297*Ks$	93,05	< 0,001
30 - 50	A	$-9,479+0,035*Areia_grossa+0,021*Argila-44,213*Macro$	93,03	< 0,001
30 - 50	B	$11,953-0,032*Argila$	82,24	< 0,001
30 - 50	C	$0,7978+0,4758*CO+0,0029*Q$	57,68	0,004

Na tabela 2 são apresentadas às equações, os coeficientes de correlação e as probabilidades obtidos entre a quantidade de $N-NH_4^+$ lixiviada durante o período de estudo e algumas características químicas e físicas do solo determinadas para os solos de subsuperfície. Nestas camadas a quantidade acumulada de $N-NH_4^+$ se correlacionou com a argila, vazão (Q), carbono orgânico (CO) e conteúdo de areia grossa. KARLEN et al (p. 149–167, 1994) afirmam que o CO no solo está entre as características mais importantes para restabelecer, manter ou melhorar a qualidade do solo. A correlação com a argila pode ser justificada devido a este elemento estar adsorvido aos colóides do solo implicando em maiores perdas deste nutriente (SHICK et al, p. 427-436, 2000). O lixiviado apresentou correlação apenas com a vazão (Q) e a macroporosidade para os solos SH. Segundo o mesmo autor, a redução da porosidade e particularmente da macroporosidade, resultam na redução da condutividade hidráulica e conseqüentemente limita a capacidade de infiltração de água no solo. Neste caso ocorreu o oposto, a correlação com a macroporosidade aumentou a infiltração do amônio. O solo H não apresentou correlações.

Tabela 2 - Equações com as correlações e probabilidades obtidas para os dados de solo de subsuperfície de amônio lixiviado:

Profundidade (cm)	Grupo de perfis	Equação	R ² ajustado	Prob
50 - 100	A	$0,5539+0,0327*Argila+0,0051*Q_{0,7903*CO+0,0271*Areia_gr}$	84,31	0,018
50 - 100	B	$-5,5151+65,6723*Macro+0,0017*Q_{ossa}$	94,02	<0,001

CONCLUSÕES

Para a camada superficial de 0 a 50 cm, solos das três pedossequências apresentaram perdas acumuladas distintas de $N-NH_4^+$ na água de lixiviação.

Para os solos não-hidromórficos, as maiores perdas de $N-NH_4^+$ ocorreram para o P7, que apresentou uma quantidade de $N-NH_4^+$ na água de lixiviação 10 vezes maiores que P4 e 4,3 maiores que P1. Para os solos de subsuperfície, P1 apresentou 1,5 a mais de $N-NH_4^+$ na água de lixiviação que P4 e 2,25 vezes maior que P7. Assim, o solo P1 apresentou maior capacidade de filtragem na superfície e menor na subsuperfície;

A lixiviação de $N-NH_4^+$ para os solos semi-hidromórficos de superfície foi maior para P2, sendo 20 vezes maior que P5 e 5 vezes maior para P8. A $N-NH_4^+$ na água de lixiviação de subsuperfície foi maior para P8, sendo 3 vezes maior que P5 e 2,2 para P2. O solo de superfície que apresentou maior capacidade de retenção dos nutrientes foi o P8, mas em compensação esse mesmo solo de subsuperfície apresentou maior capacidade de perda de $N-NH_4^+$ na água de lixiviação e também de contaminação dos mananciais hídricos.

Os solos hidromórficos de superfície apresentaram suas maiores perdas na água de lixiviação no perfil P6, sendo 5 vezes maior que P3 e 1,5 maior que P9. Estes dados mostram que os solos hidromórficos apresentam a última oportunidade de filtragem dos poluentes antes de chegar ao manancial hídrico e como pode ser observada pelos dados amostrados, essa filtragem mostrou-se insuficiente.

As correlações entre o volume de $N-NH_4^+$ perdido por lixiviação nas colunas dos solos estudados e as características físico-hídricas e granulométricas foram significativas;

A média ponderada para a concentração de $N-NH_4^+$ lixiviada das colunas de superfície apresentou valores acima do estabelecido pelo CONAMA para os perfis P2, P6, P8 e P9;

A média ponderada para a concentração de $N-NH_4^+$ lixiviada das colunas de subsuperfície apresentou valores acima do estabelecido pelo CONAMA para os perfis P8 e P9, e P1 apresentou valor bastante próximo do permitido pela legislação.

Referências

ALABURDA, J.; NISHIHARA, L. **Presença de compostos de nitrogênio em águas de poços**. Revista Saúde Pública (online). pp. 160 – 165. v. 32, n.32, 1998.

ARAÚJO, A.R.; CARVALHO, J. L. N.; GUILHERME, L.R.G.; CURI, N.; MARQUES, J.J.. **Movimentação de Nitrato e Amônio em colunas de solo**. Ciência Agrotecnológica, Lavras, v. 28, n. 3, p. 537 – 541, 2004.

BRASIL - **Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA)**. Resolução CONAMA nº 357. Diário Oficial da União de 18/03/2005. Brasília, 2005.

BRASIL - **Ministério da Saúde (MS)**. Portaria MS nº 518/2004. Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2004.

CETESB. **Relatório de qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo 2005**. São Paulo: CETESB, 2006.

CURCIO, G. R. Solos. In: **Plano de Manejo Parque Estadual de Vila Velha**. Curitiba: IAP – Instituto Ambiental do Paraná, SEMA, Secretaria do Estado do meio Ambiente e Recursos Hídricos. P. 136 – 174, 2004.

EMBRAPA. **Empresa Brasileira de pesquisa Agropecuária**. 2006. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2ª edição, Brasília: Embrapa: Centro Nacional de pesquisa de Solos, Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 306 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212 p.

KARLEN, D. L. WOLLWNHAUPT, N. C.; ERBACH, D. C.; BERRY, E. C.; SWAN, J.B.; EASH N. S. and JORDAHL, J. L. **Crop residue effects on soil quality following 10-years of no-till corn**. Soil Till Res. n. 31, p. 149 – 167, 1994.

LESPCH, I. F. **Formação e Conservação dos Solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 178 p.

MELO, M. S. de; MORO, R. S.; GUIMARÃES, G. B. **Patrimônio natural dos Campos Gerais do Paraná**. Ponta Grossa, editora UEPG, 2007. 230 p.

MULVANEY, R. L. **Nitrogen inorganic forms in: Methods of soil analysis part 3, chemical methods, books series number 5**. Madison, USA. Soil Science Society of America, number 5, p. 1123, 1996.

SANTOS, H.G. dos; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C. dos; OLIVEIRA, V.A. de; OLIVEIRA, J.B. de; COELHO, M.R.; LUMBRERAS, J.F.; CUNHA, T.J.F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

SMITH, S. J.; SCHEEPERS, J. S.; PORTER, L. K. **Assessing and managing agricultural nitrogen losses to the environment**. In: LAL, R.; STEWART, B. A. (Eds.). *Advances in soil science*, Chelsea, Lewis Publishers, 1990, 398p.