

## EXTRAÇÃO DE NUTRIENTES POR FORRAGEIRAS CULTIVADAS COM ÁGUA RESIDUÁRIA DO BENEFICIAMENTO DE FRUTOS DO CAFEIEIRO

Antonio Teixeira de Matos<sup>1</sup>  
Andressa Bachetti Pinto<sup>2</sup>  
Odilon Gomes Pereira<sup>3</sup>  
Flávia Mariani Barros<sup>4</sup>

### RESUMO

Objetivou-se avaliar a capacidade das espécies forrageiras azevém (*Lolium multiflorum* Lam.), aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb) e milho (*Pennisetum americanum* L.), de extrair nutrientes do solo em que foi aplicada água residuária da lavagem e despolpa de frutos do cafeeiro (ARC), numa dose de 250 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> de DBO<sub>5</sub>. O experimento foi realizado na Fazenda Laje, localizada no Município de Viçosa, Zona da Mata mineira, sendo arranjado em parcelas subdivididas, constituídas pelo esquema fatorial 3 x 2 (três forrageiras e duas qualidades de água) no delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. Foram realizados três cortes no azevém, dois no milho e um na aveia-preta, condicionados pelo desempenho das forrageiras cultivadas com ARC. Para análise do efeito da época do corte nas variáveis monitoradas, os dois cortes, constituíram as subparcelas. As concentrações de nitrogênio e potássio foram maiores na parte aérea (material do primeiro corte) do azevém do que na do milho, enquanto a concentração de fósforo não diferiu. Numa avaliação geral, a concentração de cálcio foi maior na parte aérea do azevém enquanto a de magnésio foi maior na do milho. As maiores remoções de potássio, cálcio e magnésio foram obtidas pelo azevém, e as maiores remoções de nitrogênio, fósforo e sódio pelo azevém e milho.

<sup>1</sup> Dep. Engenharia Agrícola/UFV. Bolsista do CNPq. 36570-000 Viçosa-MG. E-mail: atmatos@ufv.br

<sup>2</sup> Eng. Agrícola, M.S. em Eng. Agrícola. Deptº Eng. Agrícola-UFV 36570-000 Viçosa-MG.

<sup>3</sup> Dep. de Zootecnia/UFV. 36570-000 Viçosa, MG. E-mail: odilon@ufv.br

<sup>4</sup> Dep. Eng. Agrícola/UFV. 36570-000 Viçosa, MG. E-mail: mariamariani@yahoo.com.br

A aveia-preta foi a espécie forrageira de menor capacidade na remoção de nutrientes aplicados ao solo via ARC.

Palavras chave: água residuária, beneficiamento dos frutos do cafeeiro, tratamento por escoamento superficial, disposição de resíduos.

## ABSTRACT

### NUTRIENT UPTAKE BY FORAGE SPECIES CROPPED IN RAMPS FOR TREATMENT OF THE WASTEWATER FROM PULPING OF COFFEE FRUITS

This study aimed the evaluation of the ability of the nutrient uptake by the forage species azevém (*Lolium multiflorum* Lam.), aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb) and milheto (*Pennisetum americanum* L.) cropped in ramps for treatment of the wastewater from washing and pulping the coffee cherries (from now on ARC), in a application rate of 250 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> BOD<sub>5</sub>. The experiment was carried out in area of the Laje Farm, which is located in Viçosa County, Zona da Mata – MG, being arranged on a factorial scheme 3x2 (three forages and two water qualities), in casualized blocks, with four replications. Three cuts were carried out in the azevém, two in the milheto and one in the aveia-preta conditioned by the forage performance when cultivated with ARC. For analysis of the effect of the time of the cut in the monitored variables, the cut, in number of two, constituted the subplots. The concentrations of nitrogen and potassium were larger in the aerial part (material of the first cut) of the azevém, than the milheto, while the phosphorus concentration didn't differ. In a general evaluation, the concentration of calcium was larger in the aerial part of the azevém while the magnesium was larger in the milheto. The highest potassium, calcium and magnesium removals were obtained by azevém, whereas the highest nitrogen, phosphorus and sodium removals were obtained by both azevém and milheto. The aveia-preta was the forage species showing the lowest ability in removing the nutrients applied on the soil through ARC.

Key words: wastewater, pulping of coffee fruits, runoff treatment, waste disposal.

## INTRODUÇÃO

O fruto do cafeeiro pode ser processado de duas formas: por via seca, isto é, secando integralmente os frutos; ou por via úmida, que consiste na secagem dos frutos sem casca ou sem casca e sem mucilagem, dando origem aos grãos despulpados e desmucilados, respectivamente.

O processamento dos frutos do cafeeiro por via úmida, de forma geral, proporciona a produção de grãos de bebida suave, com boas cotações no mercado. Entretanto, a lavagem e despolpa dos frutos do cafeeiro, necessárias para a redução do custo de secagem e a melhoria da qualidade de bebida, geram grandes volumes de resíduos sólidos e líquidos, ricos em material orgânico e inorgânico, que, se disposto no ambiente, sem tratamento, podem causar grandes problemas ambientais,

como degradação ou destruição da flora e da fauna, além de comprometer a qualidade da água e do solo (4).

Segundo Matos et al. (5), em vista da elevada carga orgânica que a água residuária da lavagem e despolpa de frutos do cafeeiro detém, para o atendimento da legislação ambiental, torna-se necessária a implantação de sistemas de tratamento de água residuária de grande eficiência na remoção de carga orgânica, o que, inevitavelmente, conduz à necessidade de instalação de sistemas sofisticados e de alto custo de implantação e operação; ou a disponibilidade de grandes áreas para a construção de lagoas de estabilização.

A disposição, no solo, de água residuária do processamento, de frutos do cafeeiro no solo, por via úmida, para tratamento, pelo método do escoamento superficial, é tida como alternativa viável, tendo em vista o baixo custo de implantação e operação desse sistema de tratamento e a possibilidade de aproveitamento dos nutrientes contidos nessas águas. A escolha da espécie vegetal neste método é de extrema importância, pois, segundo Paganini (9), o sistema solo-planta confere ao tratamento o aspecto de renovação, que evita a exaustão do solo. Além disso, a vegetação de cobertura desempenha papel importante, que é o de utilizar os elementos disponibilizados no solo pela água residuária, por meio da retirada e da metabolização dos macro e micronutrientes necessários ao seu desenvolvimento. As características mais desejáveis da cobertura vegetal para um sistema de escoamento superficial são perenidade, alta tolerância à umidade, crescimento rápido, elevada capacidade de extração de nutrientes, adaptação ao solo e clima locais (1), além de apresentar alguma importância econômica (9).

Objetivou-se, neste estudo, avaliar a capacidade de absorção de nutrientes e a composição bromatológica de três espécies forrageiras: azevém (*Lolium multiflorum* Lam.), aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb) e milho (*Pennisetum americanum* L.), cultivadas em rampas de tratamento de águas residuárias provenientes da lavagem e despolpa de frutos do cafeeiro (ARC).

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado e conduzido em uma área de aproximadamente 350 m<sup>2</sup>, pertencente à Fazenda Laje, localizada no município de Viçosa, MG, situado na Zona da Mata mineira, a 690 m de altitude, em longitude de 42º 52' 40" W (Grw) e latitude de 20º 45' 20" S.

Para a implantação do experimento, uma área de Argissolo Vermelho Amarelo (características químicas apresentadas no Quadro 1) foi sistematizada, a fim de garantir uma declividade de 5% em toda a

área. A distribuição das parcelas seguiu esquema fatorial 3 x 2 (três forrageiras e duas qualidades de água), no delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram definidos para três espécies forrageiras: o azevém (*Lolium multiflorum* L.), a aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb) e o milheto (*Pennisetum americanum* L.) e duas qualidades de água: água de abastecimento com adubação química (N+K) do solo (AA) e água da lavagem e despolpa de frutos do cafeeiro (ARC). As espécies forrageiras foram semeadas em parcelas de 3,0 x 2,0 m (6 m<sup>2</sup>), com espaçamento de 0,20 m entre linhas de plantio e 1 m entre parcelas. As densidades de semeadura foram de 80 kg ha<sup>-1</sup> para aveia-preta comum, 30 kg ha<sup>-1</sup> para o azevém e 15 kg ha<sup>-1</sup> para o milheto.

QUADRO 1 – Características químicas e físico-químicas do solo na camada de 0 a 0,20 m em cada bloco da área experimental

<sup>1/</sup> pH	<sup>2/</sup> P	<sup>2/</sup> K	<sup>3/</sup> Ca <sup>2+</sup>	<sup>3/</sup> Mg <sup>2+</sup>	<sup>4/</sup> (H+Al)	<sup>5/</sup> SB	<sup>6/</sup> CTC <sub>e</sub>	<sup>7/</sup> CTC <sub>T</sub>	<sup>8/</sup> V
	-- mg· dm <sup>-3</sup> --		----- cmol <sub>c</sub> · dm <sup>-3</sup> -----						%
6,4	78,7	151,8	3,3	0,7	1,6	4,41	4,41	6,01	71
<sup>1/</sup> pH em água, relação 1:2,5. <sup>2/</sup> Extrator de Mehlich 1. <sup>3/</sup> Extrator: KCl – 1 mol· L <sup>-1</sup> . <sup>4/</sup> Extrator acetato de cálcio 0,5 mol· L <sup>-1</sup> . <sup>5/</sup> Soma de bases trocáveis. <sup>6/</sup> Capacidade de troca catiônica efetiva. <sup>7/</sup> Capacidade de troca catiônica a pH 7,0. <sup>8/</sup> Índice de saturação de bases.									

A ARC foi coletada em tanque de sedimentação, sendo acondicionadas separadamente, em tanques de 500 L, de onde era, então, aplicada nas parcelas, com o auxílio de regadores, em taxa equivalente a 250 kg ha<sup>-1</sup>, dia de DBO<sub>5</sub>, durante 14 semanas. Em média, foram aplicados 50,8 mm semana<sup>-1</sup> de água residuária em cada parcela experimental. Pode-se constatar que, de acordo com os nutrientes contidos na ARC, foram aplicados totais, aproximados, de 1.252; 105; 165; 55; e 87 kg ha<sup>-1</sup> de potássio, fósforo, cálcio, nitrato e amônio, respectivamente, no solo (Quadro 2).

QUADRO 2 – Estimativa da quantidade de nutrientes aplicados semanalmente, durante o período experimental						
<sup>1/</sup> Semana	Lâmina (mm)	K	<sup>2/</sup> P	Ca	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
----- kg ha <sup>-1</sup> -----						
1	131,7	338,81	28,98	<sup>3/</sup> NA	11,20	5,27
2	114,4	294,13	25,16	<sup>3/</sup> NA	9,72	4,57
3	76,4	157,16	4,28	<sup>3/</sup> NA	4,97	18,80
4	–	–	–	–	–	–
5	34,1	71,85	6,12	<sup>3/</sup> NA	1,34	9,26
6	12,5	26,05	2,22	<sup>3/</sup> NA	0,49	3,36
7	32,6	76,85	5,87	<sup>3/</sup> NA	1,08	6,04
8	32,6	76,86	5,87	<sup>3/</sup> NA	1,08	6,04
9	35,1	25,49	5,86	12,27	1,82	1,37
10	34,3	24,92	5,73	12,00	1,78	1,34
11	34,1	34,89	3,58	14,96	2,66	12,98
12	14,5	14,83	1,52	6,36	1,13	5,52
13	37,8	21,05	3,85	11,98	1,85	2,49
14	33,9	18,90	3,46	10,76	1,66	2,24
15	57,4	32,56	0,92	4,59	4,77	3,33
16	59,2	33,59	0,95	4,74	4,92	3,44
17	71,8	4,45	0,17	14,93	4,74	1,30
Total	812,7	1.252,39	104,55	164,60	55,19	87,33
Média	50,8	78,27	6,53	10,29	3,45	5,46

<sup>1/</sup> Na quarta semana, a ARC não foi aplicada.  
<sup>2/</sup> Fósforo na forma de ortofosfato.  
<sup>3/</sup> Característica não analisada na semana.

Durante o cultivo das forrageiras, foi aplicada mesma quantidade de água da rede de abastecimento (AA) da propriedade agrícola, durante o mesmo período, constituindo o fatorial: espécie forrageira x qualidade da água. Aos 28 dias após a semeadura, as parcelas destinadas a receber AA, e somente estas, foram adubadas com K<sub>2</sub>O (40 kg ha<sup>-1</sup>) e nitrogênio (40 kg ha<sup>-1</sup>), nas formas de cloreto de potássio e uréia, respectivamente.

O número de cortes variou entre as gramíneas forrageiras, efetuando-se três, dois e um corte para o azevém, o milheto e a aveia-preta, respectivamente. Após cada corte, foram realizadas novas adubações nas parcelas que receberam AA, repetindo-se a mesma dose de adubos utilizados na primeira fertilização do solo. Para análise do efeito

da época do corte nas variáveis monitoradas, o corte, em número de dois, constituiu as subparcelas.

Cada parcela experimental teve sua biomassa recolhida e pesada para a determinação da massa verde. Em seguida, foram separadas e encaminhadas, imediatamente, ao Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFV três amostras de, aproximadamente, 300 g do material de cada parcela experimental, para a realização da pré-secagem. No laboratório, as amostras foram pesadas em balança digital e, depois, colocadas em estufa com circulação forçada de ar, em temperatura de 65 °C, pelo período de 72 horas, para secagem. Em seguida, procedeu-se à pesagem e moagem desse material em moinho tipo Willey, usando peneiras de malha de 0,82 mm. Aproximadamente, 3 g de cada amostra moída foram secas em estufa a 105 °C, a fim de se corrigir o teor de massa seca. O nitrogênio total foi determinado pelo método semimicro Kjeldahl, convertendo-se o nitrogênio para proteína bruta (11). Para a determinação dos demais macronutrientes, as amostras foram mineralizadas por via úmida, pela digestão nítrico-perclórico, ao passo que as soluções, devidamente diluídas, tiveram suas concentrações de P determinadas por colorimetria, K e Na por espectrofotometria de chama, e Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica (11).

Para análise estatística dos resultados da remoção acumulada de nutrientes pelas forrageiras, foi usado o esquema fatorial 3 x 2, com três forrageiras e duas qualidades de água, com quatro repetições. Para análise da composição bromatológica, o experimento foi arranjado em parcelas subdivididas, em esquema fatorial 2 x 2 (duas gramíneas forrageiras e duas qualidades de água aplicada) e as subparcelas constituídas por dois.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios do rendimento acumulado de massa seca obtida no cultivo do azevém, do milho e da aveia-preta foram, respectivamente, 12,35; 11,18; e 5,66 t ha<sup>-1</sup>, nas parcelas submetidas à aplicação de AA, e de 11,07; 8,90 e 4,41 t ha<sup>-1</sup>, naquelas submetidas à ARC. Os mais baixos valores de rendimento acumulado da aveia-preta devem-se ao fato de ter sido obtido apenas um corte dessa forrageira, em decorrência de sintomas de toxicidade apresentados com a aplicação da ARC.

### *Composição mineral*

Segundo Gomide (3), a composição mineral de plantas forrageiras varia segundo uma série de fatores, destacando-se a idade da planta, o tipo de solo e as adubações realizadas, as diferenças genéticas entre espécies e variedades, as estações do ano e a sucessão de cortes. Em

seqüência, são apresentados os resultados da composição mineral da parte aérea do azevém e do milheto, em dois cortes sucessivos, e da aveia-preta, no único corte efetuado, quando cultivados com ARC e AA.

A interação entre tipo de gramínea e época de corte foi significativa ( $P < 0,05$ ) para a variável concentração de nitrogênio no tecido vegetal. Entretanto, a interação entre gramíneas forrageiras e qualidade da água não foi significativa ( $P > 0,05$ ). Pode-se verificar que, no primeiro corte do azevém, a concentração de nitrogênio foi maior que no segundo corte, enquanto no milheto não diferiram entre o primeiro e o segundo cortes (Quadro 3).

QUADRO 3 – Concentrações médias de nitrogênio na parte aérea do azevém e do milheto, no primeiro e segundo cortes		
FORAGEIRA	CORTE 1	CORTE 2
	----- g kg <sup>-1</sup> -----	
Azevém	30,5 A a	24,4 A b
Milheto	23,4 B a	26,7 A a

Médias seguidas por letras maiúsculas, nas colunas, e pelas mesmas letras minúsculas, nas linhas, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

A menor concentração de nitrogênio observada no milheto, no primeiro corte, em relação ao azevém, pode estar associada à sua avançada idade, por ocasião em que o corte foi realizado (110 dias). A concentração média de nitrogênio na aveia-preta colhida em um só corte foi de 31,1 g kg<sup>-1</sup> e 23,6 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente, quando a forrageira recebeu a aplicação de AA e ARC.

Gomes e Reis (2), de 1994 a 1996, avaliando forrageiras anuais de estação fria, destacaram a ótima qualidade da forragem obtida do azevém, colhido no período de inverno/primavera, registrando concentração média de nitrogênio de 24,3 g kg<sup>-1</sup>.

É oportuno destacar que, independentemente do efeito apresentado, as concentrações médias de proteína bruta (concentração de nitrogênio x 6,25) do azevém e do milheto atenderam às exigências mínimas de proteína na massa seca para bovino adulto e jovem, cujos valores são, respectivamente, de 70 e 110 g kg<sup>-1</sup>, segundo o NRC (7), considerando a

possibilidade de se aproveitar a massa vegetal produzida nas rampas de tratamento da ARC para a alimentação de bovinos.

Não foi significativa ( $P>0,05$ ) a interação entre a concentração de fósforo nas forrageiras e a qualidade da água aplicada durante o cultivo, tendo sido obtido o valor médio de 2,9; 3,1 e 3,5  $\text{g kg}^{-1}$ , respectivamente, no azevém, no milho e na aveia-preta. Os valores encontrados são superiores a de 1,8  $\text{g kg}^{-1}$  de fósforo, requerido em forrageiras para pastejo de bovinos (7).

Os valores médios de concentração de fósforo na parte aérea das forrageiras, cultivadas nas parcelas submetidas à aplicação de ARC, foram de 2,5; 3,4; e 3,1  $\text{g kg}^{-1}$ , respectivamente, no azevém, no milho e na aveia-preta. Silva e Leite (13), avaliando a composição química de espécies forrageiras de inverno, obtiveram 4,0  $\text{g kg}^{-1}$  de concentração de fósforo no azevém semeado em junho. Stobbs (15) encontrou nas folhas de milho em estágio vegetativo e nos caules concentrações de 1,9 e 2,0  $\text{g kg}^{-1}$ , respectivamente.

A interação entre forrageiras e cortes foi significativa ( $P<0,05$ ) para a concentração de fósforo. A partir dos resultados apresentados no Quadro 4, verifica-se que, no primeiro corte, as concentrações médias de fósforo no azevém e no milho não diferiram entre si. No segundo corte, entretanto, o milho apresentou maior concentração de fósforo que o azevém. A menor concentração de P, obtida no primeiro corte do milho, pode ser devida ao efeito de diluição em decorrência da maior produção de massa seca ou, ainda, à elevada idade em que este foi efetuado (110 dias após a semeadura).

QUADRO 4 – Concentrações médias de fósforo na parte aérea do azevém e do milho, no primeiro e segundo cortes

Forrageira	Corte	
	1	2
	----- $\text{g kg}^{-1}$ -----	
Azevém	3,0 A a	2,7 B a
Milho	2,5 A b	3,6 A a

Médias seguidas por letras maiúsculas, nas colunas, e pelas mesmas letras minúsculas, nas linhas, para tipo de água ou corte, separadamente, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.



Analisando cada um dos cortes separadamente (Quadro 5), constatou-se maior concentração de potássio no primeiro corte do azevém que no do milho. Entretanto, no segundo corte não houve diferença entre as concentrações desse macronutriente.

QUADRO 5 – Concentrações médias de potássio na parte aérea do azevém e do milho, por ocasião do primeiro e segundo cortes		
	Corte 1	Corte 2
FORAGEIRA	----- g kg <sup>-1</sup> -----	
Azevém	48,0 A a	33,1 A b
Milho	26,6 B a	30,1 A a

Médias seguidas por letras maiúsculas, nas colunas, e pelas mesmas letras minúsculas, nas linhas, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Não foi significativa a interação entre forrageiras, qualidade da água aplicada e cortes para a variável concentração de potássio na parte aérea. Os valores médios de potássio encontrados na parte aérea do azevém, em parcelas que receberam ARC, foram 44,1 e 30,9 g kg<sup>-1</sup> nos cortes 1 e 2, respectivamente. No milho, as concentrações encontradas foram de 26,6 e 31,7 g kg<sup>-1</sup>. Em um corte da aveia-preta, a concentração encontrada foi de 40,1 g kg<sup>-1</sup>. Com a aplicação de AA, as concentrações médias encontradas no material vegetal coletado nos dois cortes foram de 43,6 e 27,6 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente para o azevém e o milho. Na aveia-preta, a concentração encontrada foi de 48,5 g kg<sup>-1</sup>. As concentrações de potássio encontradas podem ser consideradas altas, já que, segundo Gomide (3) concentrações de potássio de 15,0 a 20,0 g kg<sup>-1</sup> são normais em plantas forrageiras com bom suprimento deste nutriente. Ainda segundo esse autor, adubações com altas doses de potássio devem ser evitadas não só para prevenir a absorção de luxo, que resulta em acúmulo do nutriente na planta, sem o correspondente aumento na produção de forragem, e também para evitar a interferência na absorção de cálcio e magnésio. A ARC apresenta relativamente elevadas concentrações de potássio, o que poderá proporcionar, quando aplicada em elevadas taxas no solo, problemas nutricionais às plantas (4).

Stobbs (15) encontrou, nas folhas e no caule do milho, concentrações de potássio de 44,4 e 59,3 g kg<sup>-1</sup>. Pereira (10) obteve 36,7 g kg<sup>-1</sup> de potássio no milho entre os 76 e 84 dias de idade. Os resultados obtidos por esses autores foram superiores aos obtidos neste trabalho, para a mesma forrageira, quando se utilizou ARC. Entretanto, Mesquita e Pinto (6), ao avaliarem o efeito de doses de nitrogênio nas concentrações de minerais em sementes de milho pós-colheita, obtiveram 16,0 g kg<sup>-1</sup> de potássio.

A concentração de cálcio na parte aérea das plantas foi influenciada apenas pela espécie forrageira cultivada, registrando-se maior valor médio no azevém (5,8 g kg<sup>-1</sup>) do que no milho (4,5 g kg<sup>-1</sup>).

A concentração média de cálcio no material vegetal coletado nos dois cortes do azevém e do milho, cultivados nas parcelas que receberam ARC, foi de 5,8 e 4,5 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Na aveia-preta, a concentração no material obtido em um corte foi de 5,4 mg kg<sup>-1</sup>. Estes valores estão abaixo do encontrado por Silva e Berbert (12), que foi de 6,9 g kg<sup>-1</sup> na gramínea semeada tardiamente (junho) e adubada convencionalmente.

Numa análise do potencial aproveitamento da massa de forragem produzida para a alimentação de bovinos, verificou-se que, de acordo com o NRC (8), vacas em lactação necessitam de 5,3 g kg<sup>-1</sup> de cálcio. Assim, dentre as forrageiras cultivadas nas parcelas que receberam ARC, somente a aveia-preta e o azevém, em seu primeiro corte, atenderiam a essa exigência nutricional.

A concentração de magnésio na parte aérea das forrageiras foi influenciada apenas pela espécie forrageira, tendo sido obtidos os valores de 1,8; 2,9 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente, para o azevém e o milho. Na aveia-preta, no material coletado em um único corte, a concentração média ficou em 2,1 g kg<sup>-1</sup>.

Mesquita e Pinto (6) observaram efeito significativo de doses de nitrogênio e dos métodos de semeadura na concentração de magnésio no milho pós-colheita. Esses autores encontraram a concentração média de magnésio de 2,0 g kg<sup>-1</sup> na massa seca, valor inferior ao encontrado neste trabalho para esta forrageira fertirrigada com ARC.

Vacas em lactação e bovinos de corte necessitam, respectivamente, de 2,0 e 2,5 g kg<sup>-1</sup> de magnésio, de acordo com o NRC (7 e 8), nesta ordem. Dessa forma, somente o milho atenderia a essas exigências nutricionais, caso as forrageiras cultivadas fossem utilizadas para a alimentação de bovinos.

A concentração de sódio na parte aérea das forrageiras não diferiu significativamente entre o primeiro e segundo cortes, registrando-se valor médio de 0,31 e 0,32 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente, no azevém e no milho. Na aveia-preta coletada em um só corte, a concentração média foi de 0,48 g kg<sup>-1</sup>.

### *Acúmulo de nutrientes pelas plantas*

A extração de nutrientes pelas plantas foi obtida pelo produto entre as concentrações do nutriente e o rendimento da massa seca.

Constatou-se maior extração de nitrogênio pelo azevém ( $309 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e milho ( $253 \text{ kg ha}^{-1}$ ) do que pela aveia-preta ( $140 \text{ kg ha}^{-1}$ ). As extrações proporcionadas pelo azevém e pelo milho não diferiram entre si, embora o azevém tenha apresentado extração 22% superior à do milho.

As menores extrações de nitrogênio feitas pelo milho estão, provavelmente, associadas à redução na produção da gramínea, que deve ter ocorrido em virtude da semeadura tardia, evidenciando efeito negativo do fotoperíodo e da temperatura na cultura.

As extrações médias de nitrogênio pelas forrageiras foram de 339; 300 e  $176 \text{ kg ha}^{-1}$ , respectivamente, para o azevém, o milho e a aveia-preta, nas parcelas que receberam AA. Nas parcelas que receberam ARC, as extrações foram de 280; 207 e  $104 \text{ kg ha}^{-1}$  para as mesmas forrageiras e na mesma ordem.

O valor médio obtido da extração de nitrogênio no azevém fertirrigado com ARC superou o encontrado por Gomes e Reis (2) que, avaliando de 1994 a 1996, forrageiras anuais de estação fria, obtiveram  $112 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de extração de nitrogênio para o azevém e  $134 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  para a aveia-preta.

Foram verificadas diferenças entre as médias das extrações de nitrogênio pelas forrageiras, conforme a qualidade de água utilizada em seus cultivos, registrando-se maior valor quando se utilizou AA ( $271 \text{ kg ha}^{-1}$ ) do que ARC ( $197 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Isso pode ser atribuído ao maior rendimento forrageiro alcançado com a aplicação de água associada à adubação química (N + K) durante o cultivo.

A remoção de fósforo entre as forrageiras que receberam AA com adubação convencional e ARC, não foi influenciada pela qualidade da água aplicada nas parcelas experimentais, sendo essa remoção influenciada, apenas, pela espécie de gramínea forrageira cultivada. A aveia-preta foi a gramínea que removeu menos fósforo ( $17,9 \text{ kg ha}^{-1}$ ), enquanto o milho ( $29,4 \text{ kg ha}^{-1}$ ) não diferiu do azevém ( $37,0 \text{ kg ha}^{-1}$ ). O menor rendimento forrageiro da aveia-preta deve ser o principal responsável por esse resultado.

Stefanutti et al. (14), trabalhando com a gramínea forrageira perene *Brachiaria humidicola*, em sistema de tratamento de esgoto doméstico, pelo método do escoamento superficial, estimaram remoção anual de fósforo de  $56,5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ .

A remoção de potássio pelas plantas foi significativamente superior pelo azevém, planta exigente em fertilidade, que apresentou  $421 \text{ kg ha}^{-1}$  de remoção do nutriente, o que representa 33 e 46% a mais do que foi

removido pelo milho e a aveia-preta, respectivamente. Isso se deve, possivelmente, ao maior rendimento de massa seca do azevém, em decorrência do maior número de cortes efetuados nesta espécie, ainda que as mesmas diferenças não tenham sido observadas na remoção de nitrogênio e fósforo pelo azevém e milho.

Em relação à qualidade da água aplicada durante o cultivo, a remoção de potássio pelo grupo de gramíneas forrageiras foi significativamente superior nas parcelas onde se utilizou AA complementada com adubação convencional ( $347 \text{ kg ha}^{-1}$ ) do que nas que receberam apenas ARC ( $271 \text{ kg ha}^{-1}$ ).

Esse resultado se deve, provavelmente, à maior produtividade alcançada pelas plantas cultivadas nas parcelas que receberam AA, visto não terem sido encontradas diferenças significativas na concentração de potássio nas plantas, independentemente da qualidade da água aplicada ou, ainda, devido à adubação potássica efetuada por ocasião dos cortes.

Mesquita e Pinto (6), obtiveram remoções de potássio pelo milho de  $141,95 \text{ kg ha}^{-1}$  quando utilizaram dose de nitrogênio de  $120 \text{ kg ha}^{-1}$ , remoção muito inferior à obtida neste trabalho.

Os valores de remoção de potássio obtidos nesta pesquisa indicam que as espécies forrageiras avaliadas, notadamente o azevém, mostraram-se adequadas para cultivo em rampas de tratamento de ARC, ainda que tenham sido removidos 33,5; 22,4 e 18,1 % do potássio pelo azevém, pelo milho e pela aveia-preta, respectivamente. Considerando-se que a ARC é aplicada nas rampas de tratamento apenas por 4-5 meses ao ano, o restante do tempo, sem aplicação de ARC, poderá ser utilizado no cultivo das mesmas plantas, o que proporcionaria, com a remoção de maior quantidade de potássio, o estabelecimento de melhores condições para o uso da área como receptora da ARC no próximo ano.

O azevém removeu, na média, mais cálcio do solo ( $67,7 \text{ kg ha}^{-1}$ ) que o milho ( $44,5 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e a aveia-preta ( $31,1 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Considerando-se o que foi produzido nas parcelas que receberam apenas ARC, foram obtidas remoções de 56,6; 37,48 e  $23,74 \text{ kg ha}^{-1}$ , na mesma ordem, pelas mesmas forrageiras.

Mesquita e Pinto (6) relataram remoções de cálcio pelo milho de  $36,38 \text{ kg ha}^{-1}$  quando foi utilizada a dose de nitrogênio de  $120 \text{ kg ha}^{-1}$ , valor semelhante ao encontrado neste trabalho, com o milho.

Dentre as forrageiras avaliadas, o milho foi a que apresentou maior remoção de magnésio ( $28,9 \text{ kg ha}^{-1}$ ), superando o azevém ( $21,6 \text{ kg ha}^{-1}$ ) que, por sua vez, superou ao obtido pela aveia-preta ( $10,6 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Essa maior extração obtida pelo milho se deve, provavelmente, à maior concentração deste nutriente no milho em relação ao observado nas demais forrageiras.

Com relação à qualidade da água aplicada durante o cultivo, verificou-se que a remoção de magnésio pelas forrageiras foi maior nas parcelas experimentais que receberam AA complementada com adubação convencional ( $22,8 \text{ kg ha}^{-1}$ ) do que naquelas em que se aplicou ARC ( $18,0 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Esse comportamento foi, provavelmente, devido ao maior rendimento forrageiro obtido nas parcelas que receberam AA, visto que as concentrações de magnésio na parte aérea das plantas cultivadas com a aplicação de AA e de ARC não diferiram entre si.

A remoção de magnésio pelo milho, avaliada neste trabalho, foi superior aos  $17,74 \text{ kg ha}^{-1}$  obtidos por Mesquita e Pinto (6).

Dentre as forrageiras estudadas, as maiores remoções de sódio foram feitas pelo azevém ( $3,73 \text{ kg ha}^{-1}$ ), embora não tenha diferido estatisticamente do milho, que removeu  $2,93 \text{ kg ha}^{-1}$ . A aveia-preta removeu menos sódio ( $2,42 \text{ kg ha}^{-1}$ ) que o azevém, entretanto apresentou remoção semelhante à obtida pelo milho.

Seguindo comportamento idêntico ao observado com outros nutrientes, a remoção de sódio pelas gramíneas forrageiras foi significativamente superior nas parcelas onde se aplicou AA complementada com adubação convencional ( $3,43 \text{ kg ha}^{-1}$ ) do que onde se aplicou ARC ( $2,62 \text{ kg ha}^{-1}$ ).

Dentre as forrageiras estudadas, o azevém mostrou-se a mais adequada para utilização em rampas de tratamento de ARC por disposição sobre o solo, visto ter apresentado maior rendimento e capacidade de extração de nutrientes, além de rápida recuperação após corte, boa cobertura do solo, ocorrência de poucas invasoras e maior número de cortes.

## CONCLUSÕES

1) As concentrações de nitrogênio e potássio foram maiores na parte aérea (material do primeiro corte) do azevém do que na do milho, enquanto a concentração de fósforo não diferiu entre as forrageiras.

2) A concentração de cálcio foi maior na parte aérea do azevém enquanto a de magnésio foi maior na do milho.

3) As maiores extrações de potássio e cálcio foram feitas pelo azevém e as maiores remoções de nitrogênio, fósforo e sódio, pelo azevém e milho.

4) Por ter proporcionado apenas um corte no período de cultivo e, por conseqüência, menor extração de nutrientes do solo, a aveia-preta mostrou-se inadequada para cultivo em rampas de tratamento, por escoamento superficial da ARC.

## REFERÊNCIAS

1. EPA – U. S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Process design manual – land treatment of municipal wastewater. Washington, D.C.: Department of the Interior, 1981. 625 p.
2. GOMES, J.F. & REIS, J.C.L. Produção de forrageiras anuais de estação fria no litoral sul do Rio Grande do Sul. In: Revista Brasileira de Zootecnia, 28(4): 668-74, 1999.
3. GOMIDE, J.A. Adubação fosfatada e potássica de plantas forrageiras. In: PEIXOTO, A.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. (Ed.). Pastagens: fundamentos da exploração racional. Piracicaba: FEALQ, 1986. p. 155-64.
4. MATOS, A.T. Tratamento e destinação final dos resíduos gerados no beneficiamento do fruto do cafeeiro. In: Produção integrada de café. 2003, Viçosa, MG. 647-704.
5. MATOS, A.T.; LO MONACO, P.A.; PINTO, A.B.; FIA, R. & FUKUNAGA, D.C. Pollutant potential of wastewater of the coffee fruits processing. In: INTER-REGIONAL CONFERENCE ON ENVIRONMENT-WATER, 4, 2001, Fortaleza. Proceedings... Brasília: ABID, 2001. p. 158-65.
6. MESQUITA, E.E. & PINTO, J.C. Nitrogênio e métodos de semeadura no rendimento da forragem de pós-colheita de sementes de milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) In: Revista Brasileira de Zootecnia, 29(4):971-7, 2000.
7. NRC – NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrients requirements of beef cattle. 6<sup>a</sup> ed. Washington, D.C.: National Academy of Science, 1984. 90 p.
8. NRC – NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrients requirements of dairy cattle. 6<sup>a</sup> ed. Washington, D.C.: National Academy of Science, 1988. 157 p.
9. PAGANINI, W.S. Disposição de esgotos no solo: escoamento à superfície. São Paulo: Fundo Editorial da AESABESP, 1997. 232 p.
10. PEREIRA, O.G. Produtividade do milho (*Zea mays* L.), do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), da aveia (*Avena sativa*), do milheto (*Pennisetum americanum* L.) e do híbrido (*S. bicolor* x *S. sudanense*) e respectivos valores nutritivo sob forma de silagem e verde picado. Viçosa, MG: UFV, Imprensa Universitária, 1991. 86 f. Dissertação de mestrado). Universidade Federal de Viçosa, 1991.
11. SILVA, D.J. Análises de alimentos (métodos químicos e biológicos). 2<sup>a</sup> ed. Viçosa, MG: UFV, Imprensa Universitária, 1998. 165 p.
12. SILVA, J.S.; BERBERT, P.A. Colheita, secagem e armazenamento de café. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 1999. 146 p.
13. SILVA, O.M. & LEITE, C.A.M. Competitividade e custos do café no Brasil. In: Café: produtividade, qualidade e sustentabilidade. Viçosa, MG: UFV, Imprensa Universitária, 2000. p. 27-50.
14. STEFANUTTI, R.; MATTIAZO, M.E.; COURACCI FILHO, B.; NOUR, E.A.A. & FIGUEIREDO, R.F. Comportamento de duas forrageiras sob diferentes taxas de aplicação de esgotos sanitários utilizando o método do escoamento superficial. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 28, Pelotas, 1999. Anais... Pelotas, RS: UFPEL, 1999. (CD-ROM).
15. STOBBS, T.H. A comparison of zulu sorghum, bulrush millet and White panicum in terms of yield, forage quality and milk production. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry, 15(73):211-8, 1975.