

MARCIO RENATO MURARO

**COMPONENTES FÍSICOS DO SISTEMA DE RAÍZES DE PASTAGEM
DE INVERNO FORMADA PELO CONSÓRCIO AVEIA E AZEVÉM NO
SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA**

**CURITIBA
2004**

MARCIO RENATO MURARO

**COMPONENTES FÍSICOS DO SISTEMA DE RAÍZES DE PASTAGEM
DE INVERNO FORMADA PELO CONSÓRCIO AVEIA E AZEVÉM NO
SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA**

Dissertação apresentada como requisito parcial para
obtenção do título de Mestre, pelo Curso de Pós-
Graduação em Agronomia, Área de Concentração
em Produção Vegetal, Departamento de Fitotecnia e
Fitossanitarismo, Setor de Ciências Agrárias,
Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Adelino Pelissari

**CURITIBA
2004**

À minha esposa amada Regiane
Aos meus filhos Mariana e Gabriel
À minha mãe Onélia
Ao meu Pai José Muraro Sobrinho
In memoriam

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Instituição Universidade Federal do Paraná /SCA/ Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo e ao Curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal pela oportunidade de realizar este curso.

Agradeço ao amigo e orientador Prof. Dr. Adelino Pelissari pelos conselhos e sabedoria para conduzir à construção do conhecimento.

Ao Prof. Dr. Edelclaiton Daros pelo precioso auxílio na co-orientação deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Anibal de Moraes, pelos valiosos conselhos e co-orientação.

Ao Dr Edílson Batista de Oliveira, pela co-orientação e sugestões na parte estatística e os conselhos de grande sabedoria e por indicar sempre o melhor caminho.

Aos professores do Curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal.

Aos estagiários André Ricardo, Juliano Gallo, Marcelo Kozinski, Andréa Fernandes e João Luiz Szimanski.

À funcionária do Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo Maria Emília, e à servidora Araci Santana pelo auxílio prático em laboratório.

Aos amigos que sempre ampararam e estimularam. Especialmente aos colegas Prof. Dr. Sebastião Lustosa, Eng^o. Agr^o MSc. Francisco Antônio Marçallo e Prof Dr. Amadeu Bona Filho.

A um amigo em especial pela fortaleza e ânimo nos momentos difíceis e de desmotivação.

Enfim a todas as pessoas que auxiliaram e ajudaram para levar este trabalho ao término.

Aos meus familiares pelo apoio, incentivo e compreensão.

Obrigado meu DEUS pela oportunidade desta realização.

BIOGRAFIA DO AUTOR

MARCIO RENATO MURARO, nascido no dia 04 de agosto de 1970, município de Matelândia – Paraná, filho de José Muraro Sobrinho (*in memorian*) e Onélia Theresa Rech Muraro.

Formação de nível médio Técnico em Mecânica pelo Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná (CEFET-PR) em 1988. Iniciou o curso de Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Paraná em 1989, cursando até 1992 (não concluído). Em 1994 ingressou no curso de Agronomia na UFPR.

Engenheiro Agrônomo formado pela Universidade Federal do Paraná em 1999 atuou como Gerente do Centro de Estações Experimentais desta Universidade entre os anos de 1999 e 2004, trabalhando com pesquisa e produção vegetal nas Fazendas do Canguiri (Pinhais – PR) e Fazenda Modelo (Castro – PR).

Ingressou no Curso de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal, Área de Concentração Integração Lavoura-Pecuária em março de 2002.

Exerce, atualmente, atividade de consultoria na área agronômica em pastagens e lavouras em propriedades privadas, na Região Sul do Estado do Paraná.

Recentemente contratado pela CNH Latin América Ltda – Fabricante de tratores e colheitadeiras das marcas Case IH e New Holland.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	VII
LISTA DE TABELAS.....	IX
LISTA DE ABREVIATURAS	X
RESUMO	XI
ABSTRACT	XII
1 – INTRODUÇÃO.....	1
2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 – INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA	3
2.2 – PASTAGENS DE INVERNO E PRODUÇÃO ANIMAL	5
2.3 – SUBSÍDIOS PARA AVALIAÇÃO DE SISTEMA RADICULAR.....	5
2.4 – INTERAÇÃO SISTEMA RADICULAR, PARTE AÉREA E SOLO.....	8
2.5 – DESFOLHA, FLUXO DO CARBONO E NITROGÊNIO NA PASTAGEM.....	10
2.6 – FERTILIZAÇÃO NITROGENADA E DESFOLHA NA PASTAGEM DE INVERNO.....	12
3 – METODOLOGIA.....	14
3.1 – CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL.....	14
3.1.1 – CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA.....	14
3.1.2 – HISTÓRICO DA ÁREA	16
3.1.3 – ANÁLISE DE SOLO	16
3.2 – PASTAGEM DE AVEIA-PRETA + AZEVÉM	17
3.2.1 – DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS.....	17
3.2.2 – ESTABELECIMENTO DA PASTAGEM E ADUBAÇÕES	18
3.2.3 – ANÁLISE LABORATORIAL DAS RAÍZES.....	18
3.3 – ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	19
4. – RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
4.1 – COMPONENTES FÍSICOS DA RAÍZ	20
4.1.1 – MASSA DE MATÉRIA SECA DE RAÍZES.....	21
4.1.2 – VOLUME DE RAÍZES	22
4.1.2 – COMPRIMENTO DE RAÍZES.....	23
4.1.4 – DIÂMETRO MÉDIO DE RAÍZES	25
4.2 – INTERAÇÃO POSIÇÃO X PROFUNDIDADE.....	26
4.3 – COMPRIMENTO FRACIONADO DE RAÍZES EM FUNÇÃO DE CLASSES DE DIÂMETRO.....	27
4.4 – DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DE COMPONENTES DO SISTEMA RADICULAR EM FUNÇÃO DE CLASSES DE DIÂMETRO	31
4.4 – TEMPO DE DIFERIMENTO ANTES DA DESSECAÇÃO.....	32
5. – CONCLUSÕES.....	36
6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	37
7 – REFERÊNCIAS	38
ANEXOS.....	45

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Balanço hídrico mensal durante o período de realização do experimento no ano de 2002 (Rolim <i>et al.</i> 1998), UEPG – Fazenda Escola “Capão da Onça”, Ponta Grossa, PR, 2002	19
FIGURA 2	Médias mensais das temperaturas máximas e mínimas, temperatura média e precipitação mensal acumulada durante o período de realização do experimento no ano de 2002, UEPG – Fazenda Escola “Capão da Onça”, Ponta Grossa, PR.	19
FIGURA 3	Detalhe do delineamento experimental em parcela sub-sub dividida, medindo 240 m ² . UEPG – Fazenda Escola “Capão da Onça”, Ponta Grossa, PR	22
FIGURA 4	Massa de matéria seca de raízes (mg de raiz.cm ⁻³ de solo) média de tratamentos de pastagem de Inverno sem pastejo sem N (SPSN); sem pastejo com N (SPCN); com pastejo sem N (CP00SN), retirando os animais no dia da dessecação e com pastejo e com N, retirando os animais no dia da dessecação (CP00CN), 15 (CP15CN), 30 (CP30CN) e 45 (CP45CN) dias antes da dessecação, UEPG – Fazenda Escola “Capão da Onça”, Ponta Grossa, PR, 2002.	27
FIGURA 5	Volume raízes (cm ³ de raiz.100.cm ⁻³ de solo) média de tratamentos de pastagem de Inverno sem pastejo sem N (SPSN); sem pastejo com N (SPCN); com pastejo sem N (CP00SN), retirando os animais no dia da dessecação e com pastejo e com N, retirando os animais no dia da dessecação (CP00CN), 15 (CP15CN), 30 (CP30CN) e 45 (CP45CN) dias antes da dessecação, UEPG – Fazenda Escola “Capão da Onça”, Ponta Grossa, PR, 2002.	28
FIGURA 6	Comprimento de raízes (cm.cm ⁻³ de solo) média de tratamentos de pastagem de Inverno sem pastejo sem N (SPSN); sem pastejo e com N (SPCN); com pastejo sem N (CP00SN), retirando os animais no dia da dessecação e com pastejo e com N, retirando os animais no dia da dessecação (CP00CN), 15 (CP15CN), 30 (CP30CN) e 45 (CP45CN) dias antes da dessecação, UEPG – Fazenda Escola “Capão da Onça”, Ponta Grossa, PR, 2002.	30
FIGURA 7	Diâmetro de raízes (mm) médio para tratamentos de pastagem de Inverno sem pastejo sem N (SPSN); sem pastejo com N (SPCN); com pastejo sem N (CP00SN), retirando os animais no dia da dessecação e com pastejo e com N, retirando os animais no dia da dessecação (CP00CN), 15 (CP15CN), 30 (CP30CN) e 45 (CP45CN) dias antes da dessecação, UEPG – Fazenda Escola “Capão da Onça”, Ponta Grossa, PR, 2002.	32
FIGURA 8	Comprimento de raízes (CR (cm de raiz .cm ⁻³ de solo)) média dos tratamentos de pastagem de Inverno classes de diâmetro de raízes menor que ½ mm; entre ½ e 1 ½ e maior que 1 ½ mm referente aos tratamentos sem pastejo sem N (SPSN); sem pastejo e com N (SPCN); com pastejo sem N (CP00SN), retirando os animais no dia da dessecação e com pastejo e com N, retirando os animais no dia da dessecação (CP00CN), 15 (CP15CN), 30 (CP30CN) e 45 (CP45CN) dias antes da dessecação, UEPG – Fazenda Escola “Capão da Onça”, Ponta Grossa, PR, 2002.	35

FIGURA 9	Comprimento de raízes (CR (cm.cm ⁻³ de solo)) em Ø até ½ mm, média de posição em profundidade os tratamentos de pastagem de Inverno Sem pastejo sem N (SPSN); sem pastejo e com N (SPCN); com pastejo sem N (CP00SN), retirando os animais no dia da dessecação e com pastejo e com N, retirando os animais no dia da dessecação (CP00CN), 15 (CP15CN), 30 (CP30CN) e 45 (CP45CN) dias antes da dessecação, UEPG – Fazenda Escola “Capão da Onça”, Ponta Grossa, PR, 2002	36
FIGURA 10	Comprimento de raízes (CR (cm de raiz.cm ⁻³ de solo)) em Ø de ½ mm, 1 ½ mm média de posição em profundidade os tratamentos de pastagem de Inverno Sem pastejo sem N (SPSN); sem pastejo e com N (SPCN); com pastejo sem N (CP00SN), retirando os animais no dia da dessecação e com pastejo e com N, retirando os animais no dia da dessecação (CP00CN), 15 (CP15CN), 30 (CP30CN) e 45 (CP45CN) dias antes da dessecação, UEPG – Fazenda Escola “Capão da Onça”, Ponta Grossa, PR, 2002	37
FIGURA 11	Comprimento de raízes (CR) médio de tratamentos expresso em percentual de três classes de diâmetro. UEPG – Fazenda Escola Capão da Onça. Ponta Grossa. 2002	39
FIGURA 12	Volume de raízes (VR) médio de tratamentos expresso em percentual de três classes de diâmetro.UEPG – Fazenda Escola “Capão da Onça”, Ponta Grossa, PR, 2002	39
FIGURA 13	Desenvolvimento da massa de matéria seca de raízes afetada pelo tempo de diferimento da pastagem e distribuição horizontal e vertical. UEPG – Fazenda Escola “Capão da Onça”, Ponta Grossa, PR, 2002	41
FIGURA 14	Desenvolvimento de comprimento de raízes afetado pelo tempo de diferimento da pastagem e distribuição horizontal e vertical. UEPG – Fazenda Escola “Capão da Onça”, Ponta Grossa, PR, 2002	41
FIGURA 15	Desenvolvimento de diâmetro de raízes afetado pelo tempo de diferimento da pastagem e distribuição horizontal e vertical. UEPG – Fazenda Escola “Capão da Onça”, Ponta Grossa, PR, 2002	43
FIGURA 16	Desenvolvimento de diâmetro de raízes afetado pelo tempo de diferimento da pastagem e distribuição horizontal e vertical. UEPG – Fazenda Escola “Capão da Onça”, Ponta Grossa, PR, 2002	43

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Histórico das rotações de cultura da Fazenda Escola “Capão da Onça”, Universidade Estadual de Ponta Grossa – PR.	21
TABELA 2	Análise química do solo de tratamentos em profundidades P_1 e P_2 . UEPG – Fazenda Escola “Capão da Onça”, – Ponta Grossa – PR.	22
TABELA 3	Desenvolvimento radicular de componentes físicos de pastagem de inverno em tratamentos sem pastejo sem N (SPSN); sem pastejo e com N (SPCN); com pastejo sem N (CP00SN), retirando os animais no dia da dessecação e com pastejo e com N, retirando os animais no dia da dessecação (CP00CN), 15 (CP15CN), 30 (CP30CN) e 45 (CP45CN) dias antes da dessecação,UEPG – Fazenda Escola “Capão da Onça”, Ponta Grossa, PR, 2002	26
TABELA 4	Desenvolvimento de parâmetros físicos do sistema radicular de pastagem de inverno avaliados nas posições linha e entre linha em profundidades de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm. UEPG - Fazenda Escola “Capão da Onça”, Ponta Grossa, PR, 2002	33
TABELA 5 -	Resumo da análise de variância dos componentes químicos do solo, Fazenda “Capão da Onça”, Ponta Grossa, PR, 2002. (Lang 2004)	

LISTA DE ABREVIATURAS

CP00CN	Com pastejo retirada dos animais na data da dessecação e com nitrogênio (dose única 150 kg.ha ⁻¹)
CP00SN	Com pastejo retirada dos animais na data da dessecação e sem nitrogênio
CP15CN	Com pastejo retirada dos animais 15 dias antes da dessecação da pastagem com nitrogênio (150 kg.ha ⁻¹)
CP30CN	Com pastejo retirada dos animais 30 dias antes da dessecação da pastagem com nitrogênio (150 kg.ha ⁻¹)
CP45CN	Com pastejo e retirada dos animais 45 dias antes da dessecação da pastagem; com nitrogênio (150 kg.ha ⁻¹)
SPCN	Sem pastejo e com nitrogênio (150 kg.ha ⁻¹);
SPSN	Sem pastejo e sem nitrogênio no inverno;
N	Nitrogênio;
MSR	Massa seca de raízes (mg.cm ⁻³ de solo);
CR	Comprimento de raízes (cm.cm ⁻³ de solo);
VR	Volume de raízes (cm ³ .100cm ⁻³ de solo);
DMR	Diâmetro médio de raízes (mm);
C.V.%	Coeficiente de variação (%)
P₁	Profundidade de 0 a 10 centímetros
P₂	Profundidade de 10 a 20 centímetros
UEPG	Universidade Estadual de Ponta Grossa.
DAS	Dias após semeadura

RESUMO

Com objetivo de caracterizar os componentes físicos do sistema radicular de pastagem de inverno formada pelo consórcio de aveia e azevém, no sistema de integração lavoura pecuária, foi implantado experimento de campo no período de abril a outubro de 2002, na Fazenda Escola da Universidade Estadual de Ponta Grossa, PR. Os itens avaliados foram: comprimento, diâmetro, volume e massa seca de raízes, influenciados pelo pastejo, adubação nitrogenada e a distribuição das raízes nos estratos de profundidade. Delineamento experimental foi parcelas sub-sub divididas com quatro repetições e sete tratamentos nas parcelas, sendo nas parcelas: 2 tratamentos sem pastejo (SN) em que um recebeu adubação nitrogenada (150 kgN.ha^{-1}) (SPCN) e outro não (SPSN). Dois tratamentos com pastejo (CP) retirando-se os animais no dia da dessecação para a cultura de verão sucessora, um recebendo nitrogênio (150 kgN.ha^{-1}) (CP00CN) e a outra parcela sem nitrogênio (CP00SN). Outras três parcelas receberam pastejo e adubação nitrogenada na dose de 150 kg N.ha^{-1} , sendo que o tempo de diferimento anterior a dessecação da palhada para o verão foi determinado em 15 dias (CP15CN), 30 dias (CP30CN) e 45 dias (CP45CN). Em cada tratamento foram coletadas quatro amostras, sendo duas na linha de plantio e duas na entre linha de plantio, que constitui a parcela sub dividida, fracionadas em profundidades de 0 a 10 cm. e 10 a 20 cm. As raízes foram analisadas por processamento digital de imagens para os componentes de comprimento, volume e diâmetro. Os resultados foram submetidos à análise de variância e teste de média Duncan 5%. Houve tendência de influência positiva do pastejo e do nitrogênio nos componentes radiculares. As raízes se concentraram nos 10 cm iniciais de profundidade e na posição de linha. A avaliação indicou que 75% do comprimento de raízes em função de classes de diâmetro se encontrou na linha de semeadura, nos primeiros dez centímetros de profundidade na classe de diâmetro inferior a 0,5 mm. Entre 50 e 60% do volume de raízes se encontrou entre diâmetro de 0,5 e 1,5 mm na época de avaliação.

Palavras-chave: Sistema radicular, *Avena strigosa*, *Lolium multiflorum*, pastagem

ABSTRACT

A field study was conducted from April to October 2002 at the Universidade Estadual de Ponta Grossa, PR with the objective of characterizing root system physical characteristics of a mixed oat (*Avena strigosa* shreb) plus annual ryegrass (*Lolium multiflorum* L.) winter pasture within an integrated grain and livestock grazing system. The effect of grazing and nitrogen fertilization on root length, diameter, dry weight, and distribution with soil depth were evaluated. Seven treatment combinations of animal grazing and nitrogen fertilization were imposed on the pasture using a randomized complete block design in a split-split plot arrangement of with four replications. Two treatments had no grazing (NG), one with 150 kg N ha⁻¹ applied (NG-150N) and one without nitrogen fertilization (NG-0N). Two treatments were grazed up to the day the pasture was dissipated in preparation for planting the subsequent grain crop, one with 150 kg N ha⁻¹ (G0-150N) and the other without nitrogen applied (G0-0N). The other three treatments were fertilized with 150 kg N ha⁻¹ with livestock removed at 15 d (G15-150N), 30 d (G30-150N), and 45 d (G45-150N) prior to pasture dessication. Four soil core samples were collected from each treatment, two within the seeded pasture rows and two between rows. Soil cores were divided into the 0 to 10 cm and 10 to 20 cm depth intervals. The samples were analyzed for root length, volume, and diameter via digital image processing. Analysis of variance was used to test statistical significance of treatments and separation of treatment means was accomplished with Duncan's test at 5% probability. There were positive trends for grazing and nitrogen fertilization on root system characteristics. Roots were concentrated in the 0 to 10 cm depth within the planted rows. The evaluation showed that 75% of the total root length was composed of roots less than 0.5 mm in diameter in the top 10 cm within rows. Between 50 to 60% of the root volume was composed of roots in the 0.5 to 1.5 mm diameter fraction during the evaluation period.

Key words: Root system, *Avena strigosa*, *Lolium multiflorum*, pasture

1. INTRODUÇÃO

O advento do plantio direto, sem dúvida alguma, foi um marco na evolução tecnológica da agricultura brasileira, implementando mais qualidade ao agroecossistema, proporcionado pela rotação de cultivos, melhoria das qualidades físico químicas dos solos, maior controle nas perdas de solo por erosão, cobertura vegetal do solo em tempo integral. Porém, ainda há muito por ser realizado e muito mais respostas a serem buscadas para elucidar as dúvidas que surgem constantemente nos procedimentos aplicados a campo.

O sistema de integração–lavoura pecuária entra no sistema agropastoril como uma forte alternativa ao binômio trigo soja, sendo um aporte mais interessante quanto a renda gerada na propriedade. Além disso, a reciclagem de nutrientes realizada pela atividade animal é intensa e os níveis de fertilização dos solos são mais constantes ao longo do ano pelo processo biológico fomentado pela interação solo-planta-animal.

Com esta visão muitos trabalhos já foram produzidos em pesquisa no sistema, Integração – Lavoura Pecuária. Contudo, infinitamente maiores são as questões que necessitam de solução. Uma das situações que começa a despertar interesse diz respeito ao sistema radicular das pastagens de inverno no Sistema de Integração Lavoura – Pecuária. O consórcio de aveia e azevém amplamente utilizado como fonte de alimentação animal ou cobertura vegetal no inverno de regiões temperadas. O estudo dos componentes físicos do sistema radicular deste consórcio de pastagens temperadas, aveia e azevém, foi o objeto de estudo deste trabalho.

Se o período de pastejo anterior à dessecação do consórcio aveia e azevém com presença e ausência de fertilização nitrogenada, influenciam o comportamento físico de componentes das raízes, ao se variar o tempo de diferimento da pastagem de inverno deverá haver alterações no comprimento, diâmetro volume e matéria seca de raízes porque, com a variação do tempo de diferimento e a adição de fertilizante nitrogenado, ocasionarão diferentes respostas no sistema tais como: concentração de raízes nos extratos de profundidade do solo, bem como, sua distribuição horizontal.

O objetivo deste trabalho foi caracterizar o comportamento dos componentes físicos do sistema radicular de pastagem de inverno formada pelo consórcio aveia e azevém no sistema de integração lavoura pecuária.

Os objetivos específicos propostos foram:

- Quantificar volume, comprimento, diâmetro e massa da matéria seca de raízes nas posições de linha e entre linha de semeadura da pastagem de inverno consorciada, bem como sua distribuição em profundidade.

- Avaliar a influência da adubação nitrogenada no desenvolvimento dos componentes físicos de raízes da pastagem de inverno.
- Avaliar a interferência do pastejo no desenvolvimento do sistema radicular em função da época de diferimento.
- Avaliar a distribuição fracionada de comprimento e volume do sistema radicular em função de classes de diâmetro de raízes.

2. - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA

O uso de gramíneas de inverno como cobertura de solo tem sido intensificado nas últimas décadas, principalmente com a difusão do sistema de semeadura direta. Esta se mostrou como alternativa de menor risco se comparada à produção de cereais de inverno. Nesta atividade, contudo, fazia-se necessário melhorar os índices financeiros neste período, aumentando a sustentabilidade dos sistemas de produção, sendo uma das alternativas o sistema de integração lavoura – pecuária, que tem excelente aplicabilidade em regiões de clima temperado. Este sistema se dá em escala temporal reduzida onde, numa mesma área, produz-se grãos no verão e carne ou leite no inverno, com pastagens de alta qualidade (gramíneas ou consórcio destas com leguminosas), intensificando os fatores de produção, minimizando riscos pela diversificação de atividades (Bona Filho, 2002).

A inclusão de forrageiras dentro de um sistema agrícola proporciona uma série de benefícios que se traduzem pela manutenção das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo; uso mais eficiente dos recursos ambientais; racionalização na aplicação de adubos e defensivos; melhor controle de erosão, poluição, plantas daninhas, pragas e doenças; maior produtividade de grãos e rendimento animal. Trata-se de um sistema multi-cultivo envolvendo pastagens anuais e/ou perenes e animais com cultura de grãos em uma mesma área, permitindo melhor utilização do solo e dos fatores ambientais de produção (Bona Filho, 2002).

Pastagens não apenas servem de alimentos para animais, como também reduzem a erosão e enriquecem o solo (Wittwer, 1980). A integração de cultivos de pastagens e grãos, utilizados no sul da Austrália, tem apresentado resultados significativos para aumentar a produção de cereais e número de animais por unidade de área, além de proporcionar melhor proteção do solo e permitir rentabilidade mais estável nas fazendas (Puckeridge e French, 1983).

A atividade agrícola demanda elevada entrada de insumos externos à propriedade, em particular fertilizantes. Num balanço energético, a utilização de adubos pode consumir grandes quantidades de energia, reduzindo a eficiência do sistema produtivo, principalmente quando se utiliza recurso natural não renovável para sua obtenção (Nguyen, *et al.* 1995). Fertilizantes nitrogenados são de fundamental importância, pois são responsáveis por 30 a 40% da produtividade das culturas e respondem por 33% da energia introduzida na produção agrícola (Wittwer, 1980).

A rotação de pastagens e culturas, integração lavoura – pecuária, aparece como estratégia promissora para desenvolver sistemas de produção que consumam menos insumos ao longo do tempo. Porém, há necessidade da compreensão da dinâmica de funcionamento do sistema em escala temporal (Assmann, 2001 ; Eltz *et al.*,1989).

A estacionalidade na produção de forragem causa déficit alimentar para os rebanhos no outono/inverno, constituindo-se em um dos principais entraves para a elevação dos índices zootécnicos dos rebanhos. A utilização de gramíneas anuais de estação fria como pastagem é uma alternativa que pode ser usada para suprir o déficit alimentar deste período (SIEWERDT *et al.*, 1995; QUADROS e MARASCHIN, 1987). Entre essas, destaca-se, no Estado do Paraná, o consórcio entre aveia preta (*Avena strigosa*) e azevém (*Lolium multiflorum*). A aveia preta apresenta uma área de cultivo superior a do azevém, sendo a espécie preferida na integração lavoura-pecuária, por ter um ciclo de produção mais curto. O azevém é utilizado pela sua facilidade de ressemeadura natural, resistência a doenças, bom potencial de produção de sementes e versatilidade de uso em associações (Moraes *et al.* 2000). Este consórcio de forrageiras visa antecipar e aumentar o período de pastejo, além de manter a estabilidade na produção e qualidade de forragem. Estas espécies proporcionam diferentes períodos de utilização em função da velocidade de estabelecimento e ciclo de vida (Moraes *et al.* 2000).

O azevém apresenta estabelecimento mais lento e produção mais tardia que a aveia preta, o que permite um prolongamento de sua utilização em pastejo em relação à aveia. Esta característica é importante para se adequar o ciclo de produção das pastagens de inverno com o ciclo das culturas agrícolas de verão. Como exemplo, pode-se utilizar aveia preta precedendo o cultivo de milho, pelo ciclo mais curto da aveia, favorecendo a semeadura do milho nas épocas recomendadas; e aveia preta consorciada com azevém antecedendo o cultivo de soja, pela ampliação do período de pastejo devido a produção mais tardia do azevém obtendo, dessa forma maior, desfrute dos animais. O azevém conta ainda com a vantagem de poder ter sementes viáveis no momento da dessecação, reduzindo o investimento com aquisição de sementes (Moraes *et al.*, 2000).

2.2 - PASTAGENS DE INVERNO E PRODUÇÃO ANIMAL

Na região sul do Brasil, no período de outono – inverno, devido às condições de clima temperado, uma das melhores alternativas para proporcionar ganho de peso animal é o uso das forrageiras hibernais, onde se associam gramíneas (aveia e azevém) ou gramíneas com espécies leguminosas. Nessas misturas se busca combinar picos de produção de matéria seca apresentados pelas diferentes espécies em diferentes épocas, aumentando a produção total de forragem e o período de utilização das mesmas pelos animais (Moraes *et al.*, 2000). Porém, nesta região o sistema de produção utilizado pela maioria dos pecuaristas ainda é a “exploração pecuária extensiva”, baseada em pastagem cultivada, nativa e naturalizada, com baixa capacidade de suporte animal e em solos degradados pela não adoção da prática de adubação. Nessa situação a produção de pecuária dificilmente ultrapassa 90 kg.ha⁻¹.ano⁻¹ de ganho. Entretanto, pecuaristas que estão utilizando sistemas de terminação intensivos, com base em pastagens cultivadas de verão e de inverno integradas com a agricultura, chegam a produzir cerca de vinte vezes os ganhos por área obtidos em sistema extensivo. Os ganhos por animal e por área, obtidos em experimentos de pastejo são variáveis, função de diferenças de produtividade e qualidade das pastagens, duração do período de pastejo e pressão de pastejo empregada, espécies utilizadas; podendo variar de 579 a 1.180 gramas de peso vivo dia (Lustosa, 1998; Restle *et al.*, 1993 e Restle *et al.*, 1999).

2.3 - SUBSÍDIOS PARA AVALIAÇÃO DE SISTEMA RADICULAR

O crescimento das plantas é governado por dois processos básicos: síntese de material orgânico pela parte aérea (fotossíntese) e absorção de água e nutrientes via raízes. Estes processos interagem de forma que a assimilação de gás carbônico na parte aérea é necessária para o crescimento do sistema radicular e a absorção radicular é imprescindível para o desenvolvimento da parte aérea (Schuurman e Goedewaagen, 1971).

Ao descrever e estudar a planta, é norma geral subdividi-la em parte acima da superfície do solo, denominada parte aérea e a parte abaixo da superfície do solo, denominada parte subterrânea (Ido, 2003). Raízes têm função de sustentação da parte aérea (raízes grossas), são ponto de entrada de nutrientes (raízes finas, com maior atividade metabólica), ainda em casos específicos formar órgãos de reservas ou realizar aeração de órgãos inundados (Waisel *et al.*, 1996).

O sistema de raízes presente no solo em qualquer momento é a soma de todas as raízes, que foram produzidas e permanecem vivas, sendo a longevidade de raízes variável entre espécies e entre tipos de raízes nas espécies. A longevidade aliada à produção resultará em determinado comprimento de raiz total e na densidade média de comprimento de raiz. Estes fatores são importantes para a habilidade do sistema de raízes obterem nutrientes para o crescimento das plantas e, que as raízes normalmente são consideradas em relação a sua habilidade em fornecer água e nutrientes à planta, mas são também necessárias para ancorar a planta e produzir hormônios, que podem regular o crescimento e desempenho da raiz e da parte aérea (Berntson, 1996).

Müller *et al.* (2003) indica algumas características morfológicas relevantes em estudo de raízes: 1) quantidade total de raízes – potencial de absorção de nutrientes e água. Para haver comparação de espécies faz-se necessário que tenham sistema radicular semelhante; 2) número de raízes seminais e nodais – principalmente aplicável a monocotilêneas, depende das propriedades do solo; 3) número de ramificações e diâmetro de raízes – a capacidade de absorção depende de ramificações e diâmetro radicular; 4) distribuição quantitativa no perfil do solo – vertical indica disponibilidade hídrica e nutricional, bem como capacidade de suporte a estiagens e horizontal indica dependência das operações de cultivo e do arranjo espacial da cultura; 5) textura – a superfície de raízes varia em função de número, tamanho e longevidade dos pêlos absorventes, fundamentais no processo de nutrição do vegetal e 6) cor – permite a separação de raízes mortas e vivas, e fornece noção do estado de desenvolvimento fisiológico da estrutura.

Informações sobre o sistema de raízes das culturas a campo ainda é escasso comparado ao desenvolvimento da parte aérea, pois as avaliações do sistema de raízes em condições de campo são limitadas, trabalhosas, demoradas e os resultados variáveis e pouco precisos, muitas vezes pela metodologia empregada, requerendo procedimentos destrutivos do local de coleta, não sendo possível avaliações repetidas no mesmo local (Köpke, 1981; McMichael e Taylor, 1987; Benincasa, 1988).

Para Köpke (1981), para melhorar a comparação dos resultados obtidos pelos diferentes métodos, os componentes das raízes deveriam ser convertidos uma dimensão definida, recomendando a densidade de comprimento de raiz ($\text{g raiz} \cdot \text{cm}^{-3}$ de solo) e considerando, que os métodos que dão densidade de comprimento de raiz diretamente, são as metodologias preferidas. Huck e Taylor (1980), sugerem que devido a grande variação no diâmetro da raiz entre épocas e até mesmo ao longo da mesma raiz, devem ser feitos grandes números de medidas para descobrir diferenças estatisticamente significativas de tratamento.

Segundo Box (1996), o peso radicular além de pouco sensível para detectar diferenças, pode ser um componente pouco confiável isoladamente. Amostras com reduzido número de raízes e de grosso calibre podem pesar mais que outras mais finas e com vários metros de comprimento e são as raízes finas que aparecem e somem no solo em função do estresse sofrido pelo vegetal. Ainda, o comprimento expresso como densidade de comprimento (cm.cm^{-3} de solo), tem melhor capacidade de detecção de diferenças entre tratamentos se comparado à massa das raízes ($\text{g raiz} \cdot \text{cm}^{-3}$ de solo).

Nos últimos anos o desenvolvimento de pesquisas relacionadas com o sistema de raízes tem avançado rapidamente, dado os resultados obtidos com interações positivas do manejo e o conseqüente reflexo na produtividade de muitas culturas. As interações entre as propriedades do solo determinam ambientes diferenciados que atuam sobre as características do sistema de raízes (Daros et al., 1999).

O potencial produtivo das pastagens é determinado por fatores relacionados ao clima, ao solo, e à espécie envolvida. O solo pode impor limitações ao crescimento das plantas pela capacidade de supri-las com nutrientes, água e oxigênio. Atributos físicos dos solos favoráveis ao crescimento do sistema radicular são necessários para obtenção de elevadas produtividades, pois estes devem possuir suficiente espaço poroso para o movimento de água e gases e resistência favorável a penetração de raízes (Imhoff et al., 2000.). O desenvolvimento do sistema radicular das culturas é afetado por fatores ambientais que influenciam o desenvolvimento da parte aérea, bem como por fatores do solo. Entre estes, o impedimento mecânico, a disponibilidade de oxigênio e nutrientes, a presença de substâncias e elementos tóxicos, temperatura, umidade e ataque de pragas e moléstias (Taylor e Arkins, 1981).

A compactação do solo é um processo de densificação no qual há aumento da resistência à penetração no solo e redução da porosidade total, da macroporosidade, da permeabilidade e da infiltração de água, resultantes da aplicação de cargas na superfície do solo. A compactação é comumente causada pelo trânsito de máquinas e equipamentos e pisoteio animal em áreas sob pastejo (Silva et al., 2000).

Plantas com raízes profundas, de crescimento inicial rápido e agressivo, podem recuperar solos fisicamente degradados, principalmente em associação de espécies, dentro de sistema de rotação de culturas. Ao crescer as raízes exercem pressão contra as partículas do solo, afastando-as, para permitir seu alongamento. Quando há presença de camada compactada superior a capacidade de penetração das raízes, muitas vezes o diâmetro radicular aumenta. Este fenômeno, dependendo da espécie, leva a diferentes comportamentos. Em alguns casos, existe desvio no crescimento de raízes, que expandem

lateralmente, paralelas à superfície do solo. Em outras, há aumento no diâmetro, resultando maior pressão de crescimento, proporcionando a penetração na camada compactada (Silva e Resolem, 2001).

Moraes e Lustosa (1997) argumentam que o efeito da descompactação pode ser obtido biologicamente pela ação do sistema radicular da pastagem e pela atividade da mesofauna do solo, sendo que para isto, é necessário que a forrageira seja submetida a período de descanso, promovendo acúmulo de fitomassa aérea e melhor suporte ao sistema radicular. Esta argumentação espelha a importância de estudos voltados à produção de animais sob pastejo, buscando resposta animal e alta produtividade de grãos no verão, avaliando-se a carga animal, sistema de pastoreio, épocas de retirada dos animais entre outros. (Bona Filho, 2002).

2.4 - INTERAÇÃO SISTEMA RADICULAR, PARTE AÉREA E SOLO

Corsi (1994), fazendo referência ao manejo de pastagens de alta produtividade, ressaltou a necessidade de intensificação da produção de folhas novas, para o rápido aumento na área fotossintética após o corte. Em estudos com *Panicum maximum*, Chacón-Moreno *et al.* (1995), verificaram que para uma dada quantidade de luz, a taxa fotossintética foi maior nas folhas verdes recém expandidas, seguida de folhas novas em expansão depois as folhas de idade fisiológica avançada.

Grande parte dos carboidratos sintetizados pela planta para a formação do sistema radicular, que sofre constante renovação, sendo que quanto mais a planta gasta energia para formação e manutenção do sistema radicular, menos ela terá para a formação da biomassa aérea. Portanto, é importante procurar dar condições melhores possíveis para que as raízes estejam sempre em boas condições de funcionamento (Matsuoka, 1996).

Cada espécie tem um padrão característico de crescimento, com a tendência de manutenção da relação raiz parte aérea, dentro de determinados limites. A distribuição dos fotoassimilados nas raízes e na parte aérea, apesar de serem controlados por fatores intrínsecos da planta, pode ser afetada por condições de ambiente. Para plantas anuais, o crescimento das raízes tem prioridades na germinação e crescimento inicial (maior relação raiz: parte aérea); após, segue-se o maior crescimento da parte aérea, especialmente na fase reprodutiva, quando grande parte dos fotoassimilados são alocados para as sementes e frutos (Klepper, 1991). Quando há remoção de porções da parte aérea, observa-se a

aceleração de seu crescimento em relação ao crescimento de raízes até, que o balanço seja novamente encontrado entre fotossintatos, hormônios de crescimento, água e minerais na planta (Taylor e Arkin, 1981).

Estudos de Smith et al. (1999), verificaram que o crescimento da raiz em condições fisicamente limitadas (poda de raiz ou desfolha) reduziram significativamente os pesos totais das plantas, mas não influenciaram a partição entre as raízes e parte aérea, sugerindo que o crescimento da parte aérea está diretamente relacionado a capacidade funcional do sistema radicular e também que sempre ocorrerá o restabelecimento do equilíbrio entre o sistema radicular e aéreo.

Harris (1978), estudando severidade de desfolha e absorção de nutrientes, inferiu que poderia haver uma relação negativa entre os dois aspectos, reduzindo a reposição de folhas, devido a: (a) redução do sistema radicular em decorrência à desfolha, limitando a exploração de água e nutrientes do solo; (b) redução da transpiração e diminuição da absorção de nutrientes; (c) restrição do fluxo de fotoassimilados e conseqüentemente os substratos para a respiração das raízes, limitando a absorção de nutrientes.

Outros autores ratificam a idéia, na medida em que o corte ou pastejo da parte aérea, minimiza a fotossíntese evitando surgimento de novas raízes e perfilhos, para que haja recomposição da área foliar remanescente. (Donaghy e Fulkerson, 1998; Corsi *et al.*, 2001).

Entre 50 e 80% do nitrogênio utilizado para recomposição da parte aérea após o corte e proveniente da translocação do sistema radicular e das hastes. (Lemaire e Chapman 1996; Millard *et al.*, 1990). A paralisação do crescimento e a mortalidade do sistema radicular ocorrem em dependência da intensidade de pastejo, devido a utilização de reservas radiculares em favor do crescimento da parte aérea (Humphreys, 1991; Matthew, 1992; Taylor, 1981). Dependendo da severidade da desfolha, a planta entra em balanço negativo de carbono, reduzindo o crescimento de raízes (Sanderson *et al.*, 1997)

A elongação do sistema radicular do azevém varia de 4 dias após a desfolha para manejo adequado da forragem, e 8 dias para situações de desfolha mais intensa. (Donaghy e Fulkerson 1998).

Conforme Corsi e Nascimento Junior (1994), quando a produção de matéria seca diminui sensivelmente, reduzindo a lotação animal, a planta forrageira já diminuiu drasticamente o sistema radicular, perfilhamento, expansão foliar e níveis de reserva de carboidrato em raízes e hastes. A redução do sistema radicular após a desfolha pode ser considerada como mecanismo desejável de adaptação, o qual antecipa o restabelecimento da área foliar e equilíbrio desta com crescimento radicular (Richards 1984).

Vogt e Bloomfield (1991) apontam que existem evidências sobre dinâmica de sistemas radiculares e sua plasticidade morfológica em sistemas agrícolas, onde o controle individual da senescência e decomposição de raízes finas em gramíneas forrageiras, é pouco entendido. Verificaram ainda, que além do estresse gerado pelo manejo da desfolha, muitos outros fatores bióticos e abióticos estão envolvidos na senescência de raízes finas individuais. Entre estes fatores estão: temperatura de solo, disponibilidade hídrica, aporte nutricional, ataques de insetos, fungos, bactérias e outros organismos do solo (Kramer e Koslovsky, 1979; Fitter, 1999).

A capacidade de absorção do sistema radicular não aumenta em função do aumento do comprimento de raiz ou de sua área. Enquanto novas raízes com alta capacidade de absorção estão sendo produzidas, raízes velhas tornam-se menos permeáveis (Kramer 1983). As modificações anatômicas que ocorrem durante a maturidade dos tecidos por suberização, cutinização, formação de tecidos secundários e outros, determinarão o padrão de absorção pelas raízes velhas (Hopkins, 1995).

A amostragem de raízes realizada até 20 cm de profundidade, segundo Pagoto (2001), tem maior importância na produção de raízes, e os valores indicam a variação de 70 a 80% de concentração. Em trabalho com feijoeiro, Wutke *et al.*, (2000) verificaram a intensificação de raízes nas camadas superficiais do solo, diminuindo em profundidade. Muller *et al.* (2001) e Rodrigues e Cadima-Zevallos (1991), trabalhando com gramíneas tropicais obtiveram na camada de 0 a 20 cm mais de 70% do número de raízes.

2.5 - DESFOLHA, FLUXO DO CARBONO E NITROGÊNIO NA PASTAGEM.

A frequência e a intensidade da desfolha influencia a resposta das plantas forrageiras ao pastejo, de modo que os animais podem provocar substanciais alterações na velocidade de rebrota, na persistência, na produtividade e na composição botânica das pastagens (Matches, 1992). Devido a estas alterações como resposta ao pastejo, o desempenho dos animais na pastagem pode ficar comprometido na medida em que sua produtividade seja reduzida. Na exploração animal em pastagens vive-se um dilema de manejo, pois, se os animais devem consumir a forragem, em particular as folhas, para o seu crescimento e produção, as plantas devem mantê-las para não interromper o processo fotossintético. A essência do manejo do pastejo consiste em conciliar uma intensidade de desfolha que permita o máximo desempenho animal, mantendo-se uma área foliar

adequada para o máximo crescimento da planta durante a estação de pastejo.

As plantas forrageiras apresentam mecanismos de tolerância ao pastejo, promovidos pelas suas características morfológicas e fisiológicas, os quais provocam aumento na taxa de crescimento após a desfolha (Briske, 1986), permitindo a sua sobrevivência frente a sucessivos ataques. Estas características morfológicas e fisiológicas são influenciadas tanto pela intensidade e frequência de desfolha como pelo estado de nutrição nitrogenada da planta (Lemaire e Chapman, 1996).

A intensidade e frequência de desfolha reduzem a relação fonte: demanda na planta, aumentando a alocação de carbono para a parte aérea, de modo a garantir o desenvolvimento das folhas jovens e reduzindo-a para os estolões e/ou raízes (Frankow-Lindberg, 1997). O fluxo de carbono na planta e na pastagem depende da concentração de N nas plantas, pois a atividade fotossintética está diretamente relacionada com o conteúdo de N nas folhas (Gastal *et al.*, 1992; Lemaire e Chapman 1996). As desfolhas sucessivas causam redução no crescimento das raízes e diminuição na sua massa, pois ocorre a remobilização do C e N para a parte aérea para recompor o aparelho fotossintético (Frankow-Lindberg, 1997; Lemaire e Chapman 1996), afetando a absorção de nutrientes (Briske e Richards, 1995; Thornton e Millard 1997). Entretanto, a redução na absorção de N pelas raízes está na dependência do estado de nutrição nitrogenada da planta.

Thornton e Millard (1997) comentam que a absorção de N é reduzida pela desfolha quando as plantas, bem supridas com N, apresentam boas reservas nos tecidos e raízes. A remobilização de N das reservas aumenta o “pool” de aminoácidos na raiz, os quais inibem a absorção do nitrato (Insande e Touraine, 1994). Mas, quando as reservas são baixas, a absorção é inalterada ou pode até aumentar, conforme foi observado para o azevém perene, em que desfolhas sucessivas reduziram a massa das raízes, mas aumentaram a absorção de NO_3^- por grama de raiz (Thornton e Millard, 1997). Contudo, embora tenha aumentado a absorção de N por g de raiz, as desfolhas sucessivas reduziram a capacidade de remobilização do N e provocaram menor taxa de crescimento das novas folhas. Neste mesmo sentido, Briske e Richards (1995) apresentam que tem sido documentado aumento na absorção de NO_3^- , num período de 8 horas após a desfolha, pelo azevém perene cultivado em baixa fertilidade quando comparado com o cultivado sem restrições de nutrientes. Os mesmos autores também discutem que a alocação de carbono para as raízes pode ter continuado após a desfolha em virtude de que, em condições limitadas de nutrientes, as raízes aumentam a força de demanda.

Em condições nitrogenadas não limitantes para as plantas, e sendo estas não pastejadas, ocorre a remobilização do N das folhas senescentes para as mais jovens. Cerca

de 75% a 80% do N das folhas verdes é remobilizado durante a senescência (Lemaire e Chapman 1996), e esta remobilização pode suprir de 40% a 51% das necessidades de N das folhas jovens (Thornton e Millard 1997), o que provoca uma menor necessidade de absorção de N para a produção de uma nova folha na medida em que a planta avança em idade.

Porém, em pastejos sucessivos, as folhas novas localizadas na camada superior da pastagem têm maior probabilidade de serem consumidas e, conseqüentemente, uma maior proporção do N requerido para a produção de uma nova folha deve ser provida pela sua absorção do solo pelas raízes. O mesmo acontece em misturas de poaceas e fabaceas, visto que as desfolhas severas também reduzem a fixação biológica do N_2 , promovendo a senescência prematura dos nódulos, a redução do tamanho dos nódulos e o retardamento do início da nodulação (Humphreys, 1997). Isto demonstra que a pastagem depende muito mais da disponibilidade de N no solo quando pastejada mais severamente (Lemaire e Chapman 1996). Assim, a desfolha severa provoca importante diminuição no suprimento de N para as plantas, sendo que a recuperação da área foliar para o restabelecimento deste suprimento deve ocorrer às expensas da remobilização das reservas das raízes e hastes.

De acordo com Lemaire e Chapman (1996), o suprimento de N tanto pela absorção do NO_3^- como pela fixação do N_2 , é alterado entre alto e baixo, dependendo do estágio da rebrota, em pastagens desfolhadas severa e intermitentemente. Por outro lado, sob pastejo contínuo, o suprimento de N é mais uniforme e é determinado pelo índice de área folhar (IAF) médio da pastagem.

Em ambas as formas de pastejo, para maximizar-se o consumo animal pelo aumento de utilização da forragem produzida, deve-se levar em consideração o adequado manejo do N, tanto via fertilizantes como em fixação biológica, para garantir o aporte necessário para um máximo crescimento da pastagem.

2.6 - FERTILIZAÇÃO NITROGENADA E DESFOLHA NA PASTAGEM DE INVERNO.

Com exceção da deficiência de água, o nitrogênio é o principal elemento limitante para a produção de biomassa, sendo essencial para o crescimento das plantas e, portanto, exigido em grandes quantidades, de conformidade com sua concentração nos tecidos vegetais (Lemaire e Gastal, 1997). Por esta razão, é o nutriente que mais tem sido estudado quanto a sua forma de utilização na produção de pastagens de clima temperado, quer pela adição por fertilizantes como pela fixação biológica pelo uso de fabáceas, tanto no Brasil

como nos demais países.

A prática da fertilização nitrogenada nas pastagens de inverno é importante para suprir o N necessário para que as plantas forrageiras expressem o máximo potencial de crescimento, dado pela energia interceptada pelo dossel. Nos países de clima temperado é comum a aplicação de grandes quantidades de N nas pastagens com o objetivo de alcançar máxima produção de forragens sendo que, muitas vezes, essa aplicação é muito superior ao mínimo exigido pelas plantas para o seu máximo crescimento (Lemaire e Gastal, 1997), promovendo elevadas perdas e contaminando o meio ambiente (Haynes e Williams, 1993) e, além disso, prejudicando o crescimento das fabáceas nas consorciações. Tal situação não é comum em nossas condições embora, com a adoção da integração lavoura-pecuária, ocorra tendência de maior utilização de fertilizantes nitrogenados, pela qual se espera adequada transferência de N para a cultura sucessora.

A produção de biomassa em uma comunidade de plantas é determinada pelo acúmulo de carbono, principal constituinte dos tecidos vegetais, através do processo fotossintético, cuja taxa é influenciada pelo teor de N nos tecidos da folha (Gastal *et al.*, 1992; Lemaire e Chapman, 1996). Além da influência no processo fotossintético, o N interfere com a morfogênese das poáceas influenciando, principalmente, a taxa de expansão folhar e de perfilhamento (Gastal *et al.*, 1992; Lemaire e Gastal, 1997). Considerando-se que há necessidade de alta produção de forragem de qualidade para sustentar alta produção animal, deve-se levar em conta as relações entre o pastejo e a nutrição nitrogenada no crescimento das plantas forrageiras.

Segundo Lemaire e Chapman (1996), as características estruturais de uma pastagem são determinadas pela taxa de aparecimento folhar, pela taxa de expansão da folha e pela duração de vida da folha, as quais determinam a densidade de perfilhos, o tamanho das folhas e o número de folhas por perfilho que, por sua vez, são responsáveis pelo IAF da pastagem. Estas características morfogênicas são influenciadas pelas variáveis ambientais como temperatura e suprimento de água e nutrientes, principalmente o N, assim como são influenciadas pelo pastejo, sendo que a forma como as plantas respondem a essas variações é denominada de plasticidade fenotípica (Lemaire e Chapman, 1996).

De acordo com Mazzanti e Lemaire (1994), a fertilização nitrogenada influencia a estrutura da pastagem, uma vez que ela modifica a densidade dos perfilhos e a distribuição vertical de forragem. A remoção de parte das plantas pelo pastejo determina a qualidade da luz que penetra no dossel, aumentando a relação vermelho/vermelho distante e, portanto, influenciando as características morfofisiológicas das plantas. Estas características promovem o aumento da densidade dos perfilhos e reduzem o tamanho dos perfilhos

individuais, o que influencia fortemente a estrutura da pastagem (Lemaire e Chapman, 1996). Porém, Briske (1998) comenta que o pastejo geralmente inibe o perfilhamento ao longo do tempo porque a remoção de grandes proporções da superfície fotossintética da planta reduz a quantidade de recursos disponíveis para o crescimento dos perfilhos. Esta afirmativa enfatiza a necessidade do adequado manejo do pastejo, associado à apropriada fertilização nitrogenada, de modo que seja mantida uma razoável proporção da superfície fotossintética para evitar a redução excessiva de fotossintatos necessários para o crescimento dos novos perfilhos.

A interação do pastejo com nitrogênio é responsável pelas características da pastagem, uma vez que as plantas pastejadas apresentam maior taxa de perfilhamento que as não pastejadas, e o N promove maior expansão foliar, resultando em maior produção de biomassa (Mazzanti e Lemaire, 1994; Lemaire e Gastal, 1977). Em razão disto, muitos trabalhos são conduzidos buscando-se avaliar a influência da aplicação de diferentes doses de N sobre a resposta produtiva e as freqüências de desfolha nas pastagens de inverno e, por sua vez, na produtividade animal sob pastejo.

3. METODOLOGIA

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL

A área experimental está localizada na região fisiográfica denominada de Segundo Planalto Paranaense, situada entre as coordenadas 25°05'47" de latitude Sul e 50°03'11" de longitude Oeste, com altitude média de 1025 m (Fundação Instituto Agronômico do Paraná, 1984). O solo da área experimental caracteriza-se como um Argissolo (EMBRAPA, 1999). Localizado na Fazenda Capão da Onça, situada na rodovia Ponta Grossa - Itaiacoca, Km 7, pertencente à Universidade Estadual de Ponta Grossa.

3.1.1 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA

O clima segundo KOEPPEN é do tipo cfb, subtropical, super úmido, mesotérmico com verões amenos e geadas severas e freqüentes sem estação seca. O balanço hídrico durante o período experimental está apresentado na Figura 1 e as médias

das temperaturas máximas e mínimas, temperatura média mensal e precipitação mensal acumulada obtidos no IAPAR – Pólo Regional de Pesquisa de Ponta Grossa, estão apresentados na Figura 2.

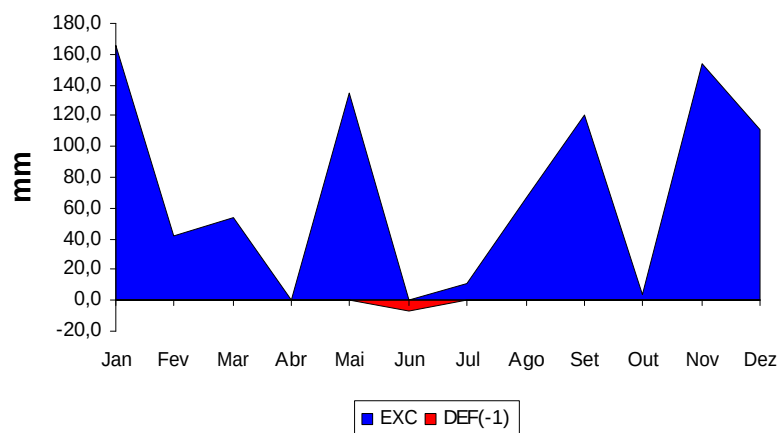


FIGURA 1. Balanço hídrico mensal durante o período de realização do experimento no ano de 2002 (Rolim *et al.* 1998), UEPG – Fazenda Escola “Capão da Onça”, Ponta Grossa, PR, 2002.

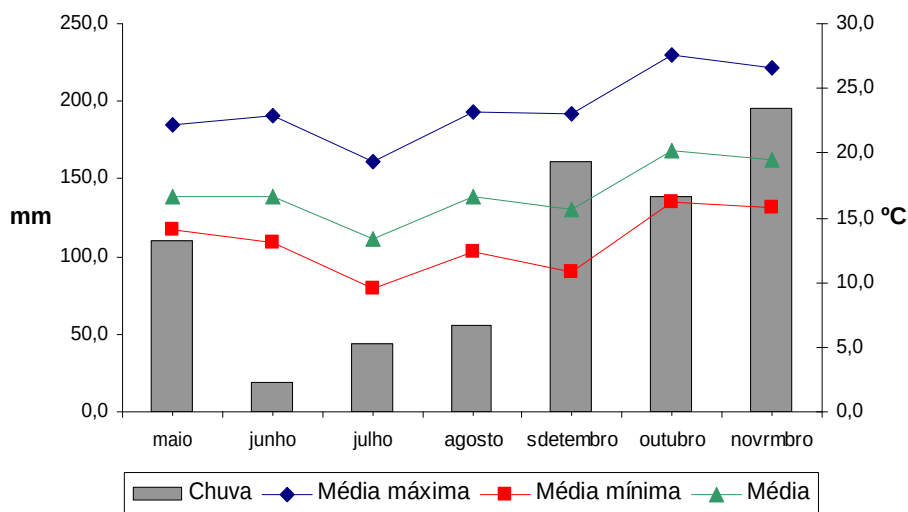


FIGURA 2. Médias mensais das temperaturas máximas e mínimas, temperatura média e precipitação mensal acumulada durante o período de realização do experimento no ano de 2002, UEPG – Fazenda Escola “Capão da Onça”, Ponta Grossa, PR.

3.1.2 HISTÓRICO DA ÁREA

A área experimental já vinha sendo utilizada no sistema de plantio direto por mais de cinco anos seguindo uma rotação de cultivos (Tabela 1).

TABELA 1- Histórico das rotações de cultura na área experimental da UEPG – Fazenda Escola “Capão da Onça”, – Ponta Grossa – PR.

ANO	INVERNO	VERÃO
1999/2000	Aveia branca (<i>Avena sativa</i> L.)	Milho (<i>Zea mays</i> L.)
2000/2001	Trigo(<i>Triticum aestivum</i>)	Soja (<i>Glycine max</i>)
2001/2002	Aveia preta (<i>Avena strigosa</i> Schreb)	Feijão (<i>Phaseolus vulgaris</i>)
2002/2003	Azevém (<i>Lolium multiflorum</i> L.)+ Aveia preta	Milho (<i>Zea mays</i> L.)
2003/2004	Azevém + Aveia preta	Soja (<i>Glycine max</i>)

No momento da instalação do experimento após a colheita da cultura do feijão, a área se encontrava coberta com plantas daninhas e restos de cultura, que foram dessecadas com Glifosate ^(a) na dosagem de 1,5 L.ha⁻¹ mais Óleo Mineral Parafínico ^(b) 0,5% no dia 10 de abril de 2002.

3.1.3 – ANÁLISE DE SOLO

As amostras coletadas nos tratamentos SPSN, SPCN, CP00SN e CP00CN, nas profundidades P₁ e P₂ foram encaminhadas ao laboratório de solos da UFPR para análise química de rotina. (Tabela 2).

a – Marca comercial GLIZ – solução aquosa concentrada, 360g/l – fabricante Sanachem.

b – Marca Comercial ASSIST – Óleo emulsionável 756g/l – fabricante BASF.

TABELA 2 – Análise química de rotina de tratamentos em profundidades P₁ e P₂. UEPG – Fazenda Escola “Capão da Onça”,– Ponta Grossa – PR. (Lang, 2004).

Tratamento	Prof.	pH	Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺	Ca ⁺² +Mg ⁺²	Ca ⁺²	K ⁺	T	P ¹	C	pH	V %
	cm	CaCl ₂	mmol _c .dm ⁻³				mg.dm ⁻³			g.dm ⁻³	SMP	
CPCN	P1	4,91	0,18	6,37	6,60	4,21	0,64	13,61	18,59	37,33	5,72	53,42
CPCN	P2	4,83	0,48	6,13	4,55	2,83	0,29	10,97	3,25	27,95	5,83	45,36
CPSN	P1	4,95	0,38	6,61	6,47	3,99	0,61	13,69	13,59	36,97	5,71	51,52
CPSN	P2	4,60	1,03	6,90	4,08	2,43	0,27	11,25	2,08	27,50	5,60	38,39
SPCN	P1	4,87	0,19	6,09	6,39	3,97	0,77	13,23	21,07	36,43	5,75	53,62
SPCN	P2	4,75	0,33	5,85	4,60	2,65	0,26	10,71	2,98	27,05	5,83	44,55
SPSN	P1	4,74	0,36	6,22	5,16	3,09	0,68	12,05	19,23	33,85	5,71	47,29
SPSN	P2	4,33	0,93	6,53	2,78	1,33	0,26	9,56	1,70	24,93	5,65	31,52
Média global		4,75	0,48	6,33	5,08	3,06	0,47	11,88	10,31	31,50	5,72	45,71

3.2. – PASTAGEM DE AVEIA-PRETA + AZEVÉM

3.2.1 – DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O delineamento experimental foi blocos casualizados com parcela sub-sub-divididas (Figura 3) com quatro repetições. Nas parcelas, medindo 12 m x 20 m (240 m²) foram aplicados os tratamentos com pastejo e sem pastejo, com e sem nitrogênio e definidas pelas diferentes datas de retirada dos animais (45, 30, 15 e 0 dias antes da dessecação). A distribuição dos tratamentos a campo está representada nos anexos. A nomenclatura foi definida como sendo: SPSN (sem pastejo e sem nitrogênio); SPCN (sem pastejo com nitrogênio); CP00SN (com pastejo retirando os animais na data de dessecação, sem nitrogênio); CP00CN (com pastejo retirando os animais na data de dessecação, com nitrogênio); CP15CN (com pastejo retirando os animais 15 dias antes da dessecação, com nitrogênio); CP30CN (com pastejo retirando os animais 30 dias antes da dessecação, com nitrogênio) e CP45CN (com pastejo retirando os animais 45 dias antes da dessecação, com nitrogênio).

As coletas foram realizadas 180 DAS (10 e 11 de outubro de 2002), em cada tratamento realizou-se duas amostras indeformadas de solo na linha e duas na entre linhas (posição) de semeadura por meio de trado sonda de Ø 4,5 cm x 35 cm (Böhm, 1979; Waisel et al., 1996), sendo a profundidade amostrada de 20 cm fracionada em 0 a 10 cm e 10 a 20 cm por posição, sendo que o volume de solo coletado em cada amostra representou 159,043 cm³. (Figura 3).

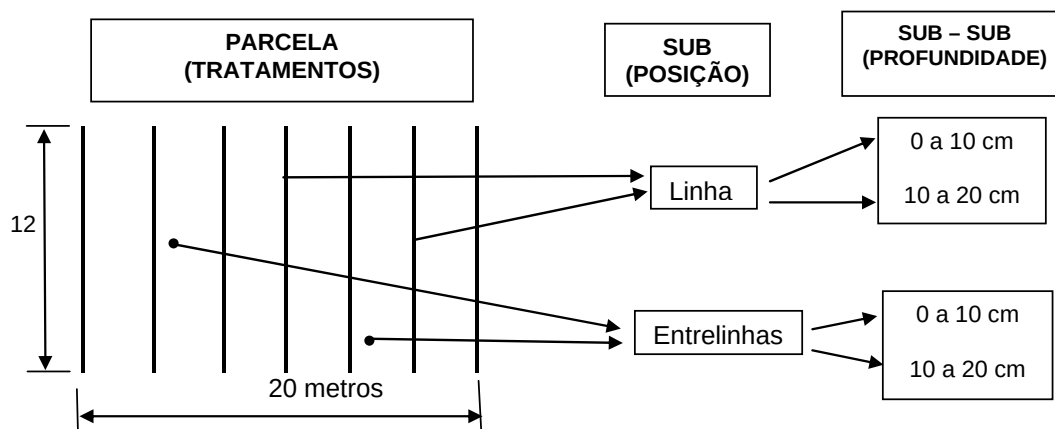


FIGURA 3 – Detalhe do delineamento experimental em parcela sub-sub dividida, medindo 240 m². UEPG – Fazenda Escola “Capão da Onça”, Ponta Grossa, PR.

3.2.2 – ESTABELECIMENTO DA PASTAGEM E ADUBAÇÕES

A semeadura da mistura azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) + aveia preta (*Avena sativa* Schreb) foi realizada em plantio direto, no dia 10 de abril de 2002, utilizando-se 60 kg.ha⁻¹ de sementes de aveia e 30 kg.ha⁻¹ de sementes de azevém.

Adubações nitrogenadas em cobertura foram realizadas aos 47 dias após a semeadura (DAS), utilizando-se Uréia (45% de nitrogênio) como fonte, em dosagem equivalente a 75 kg.ha⁻¹ de N no início do perfilhamento e a segunda aplicação 86 DAS, em mesma quantidade da anterior, totalizando 150 kg.ha⁻¹ de nitrogênio, somente aplicado nas parcelas CN.

A entrada dos animais na área ocorreu 63 DAS, quando a pastagem apresentava um acúmulo aproximado de 1650 kg ha⁻¹ de massa seca. que foram ajustados procurando-se manter uma massa de forragem na parte aérea próxima de 2 t MS.ha⁻¹.

3.2.3 - ANÁLISE LABORATORIAL DAS RAÍZES.

As porções de solo e raízes das amostras fracionadas foram deixadas em 25 ml de solução normal de hidróxido de sódio diluído em um litro de água durante doze horas para dispersão de argila, e em seguida sofreram lavagem em jogo de peneiras com malhas de 0,50 mm e 0,25 mm. A separação de raízes da pastagem de outros materiais foi realizada

manualmente com pinças de ponta fina em água. Depois de limpas as raízes foram acondicionadas em potes plásticos, contendo solução de etanol 50% e armazenadas em temperatura inferior a 0° C, em “freezer”, conforme Böhm 1979, até a determinação dos componentes radiculares. Posteriormente secas em estufa com circulação de ar forçada a 70 °C, até peso constante. A determinação de massa seca foi com balança com sensibilidade de três casas decimais, sendo expressa em mg de raiz.cm⁻³ de solo.

A avaliação de raízes foi no laboratório de Fitotecnia do Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo do SCA/UFPR, em Curitiba/PR, por um sistema de imagens, o Rhizo versão 4.1 para ambiente Windows, medindo-se os seguintes componentes do sistema de raízes: diâmetro médio (mm), volume total (cm³) comprimento total (cm), comprimento (cm) e volume (cm³) fracionados em função de classes de diâmetro de raízes, que variaram de 0,5 mm até 4,5 mm em intervalos de meio milímetro. Todas as avaliações foram realizadas com nível de resolução médio de 300 dpi.

Após as medições os resultados foram transformados nas seguintes unidades:

- Massa de matéria Seca de raízes (MSR) expressa em miligramas de raiz por centímetro cúbico de solo (mg.cm⁻³);
- Comprimento de raízes (CR) expresso em centímetro de raiz por centímetro cúbico de solo (cm.cm⁻³);
- Diâmetro de raízes (DMR) expresso em milímetros (mm);
- Volume de raízes (VR) expresso em centímetro cúbico de raiz por cem centímetros cúbicos de solo (cm³.100cm⁻³);

3.3 – ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para a análise de variância das variáveis componentes do sistema de raízes foi utilizado o Programa Estatístico SANEST (Sistema de Análise Estatística).

Foi utilizado o teste de Bartlett para avaliação da homogeneidade de variância de cada variável e, em seguida, aplicado o Teste F e Teste de Duncan para comparação dos tratamentos.

4. – RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 – COMPONENTES FÍSICOS DA RAÍZ

A análise dos resultados do sistema radicular do consórcio de pastagem de inverno não indicou diferenças significativas ($P < 0,05$), com relação às médias, para os componentes de massa de matéria seca, comprimento e volume, sendo significativo para médias de diâmetro. Esta situação de não significância em trabalhos com raízes para os padrões normais de análise já foi observada por outros autores, como relatado por Pagotto (2001), Arnone *et al* (2000), Rodrigues & Cadima Zevallos (1991) e Merten (1991). Os valores de coeficiente de variação acima de 50% são comumente verificados em experimentos com raízes. Crush (2002) encontrou em avaliação de genótipos de azevém C.V. 40 a 160% em seus estudos. Isto ratifica os dados apresentados na Tabela 3, auxiliam a compreender as variações existentes, causadas principalmente pela diferença de composição biológica, física e química do ambiente em que as raízes se desenvolvem, pela heterogeneidade do solo e pode estar relacionada com possíveis camadas de impedimento (compactação) ao crescimento de raízes. O déficit hídrico ocorrido no mês de junho e a baixa precipitação após aplicação de nitrogênio, no final de maio e início de julho certamente contribuíram para a pouca diferenciação de desenvolvimento do sistema de raízes das plantas.

TABELA 3 – Desenvolvimento radicular de componentes físicos de pastagem de inverno em tratamentos sem pastejo sem N (SPSN); sem pastejo e com N (SPCN); com pastejo sem N (CP00SN), retirando os animais no dia da dessecação e com pastejo e com N, retirando os animais no dia da dessecação (CP00CN), 15 (CP15), 30 (CP30) e 45 (CP45) dias antes da dessecação,UEPG – Fazenda Escola “Capão da Onça”, Ponta Grossa, PR, 2002.

Tratamentos	Matéria Seca (mg.cm ⁻³)		Comprimento (cm.cm ⁻³)		Diâmetro (mm)		Volume (cm ³ .100cm ⁻³)	
SPCN	0,742	a	5,211	a	0,437	ab	0,926	a
SPSN	0,685	a	5,082	a	0,448	ab	0,822	a
CP00SN	0,745	a	4,803	a	0,429	ab	0,775	a
CP00CN	0,793	a	5,443	a	0,437	ab	1,028	a
CP15CN	0,715	a	5,489	a	0,426	c	0,999	a
CP30CN	0,926	a	6,213	a	0,452	a	1,044	a
CP45CN	0,817	a	6,200	a	0,425	c	1,057	a
Média	0,77		5,49		0,44		0,95	
C.V.%	51,7		34,8		7,5		60,0	

Medidas seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan ao nível de significância de 5%.

Na primeira aplicação de N 47 DAS, os dados climáticos da estação meteorológica indicam período de ausência de chuva no período de 22/05 até 13/06. Contudo, no dia da aplicação a insolação foi nula e a umidade relativa de em torno de 80% e registrado 1mm de chuva. A segunda aplicação de Uréia aos 86 DAS, teve no dia seguinte 13 mm de chuva e dia nublado.

Pode-se observar que há tendência em resultados maiores nos tratamentos submetidos ao pastejo, com adubação de nitrogenada, principalmente naqueles em que os animais foram retirados com maior antecedência, no caso 30 e 45 dias antes da dessecação para a cultura de verão em comprimento, volume e massa de matéria seca de raízes.

4.1.1 – MASSA DE MATÉRIA SECA DE RAÍZES.

Os valores medidos da massa de matéria seca para média de tratamentos não apresentaram diferença significativa pelo teste de Duncan a 5% (Figura 4). Observou-se tendência de haver influência positiva do fertilizante nitrogenado no desenvolvimento das raízes. Assim também, o pastejo tende a resultados numericamente maiores, quando comparados às parcelas não pastejadas, principalmente aos 30 e 45 dias do diferimento.

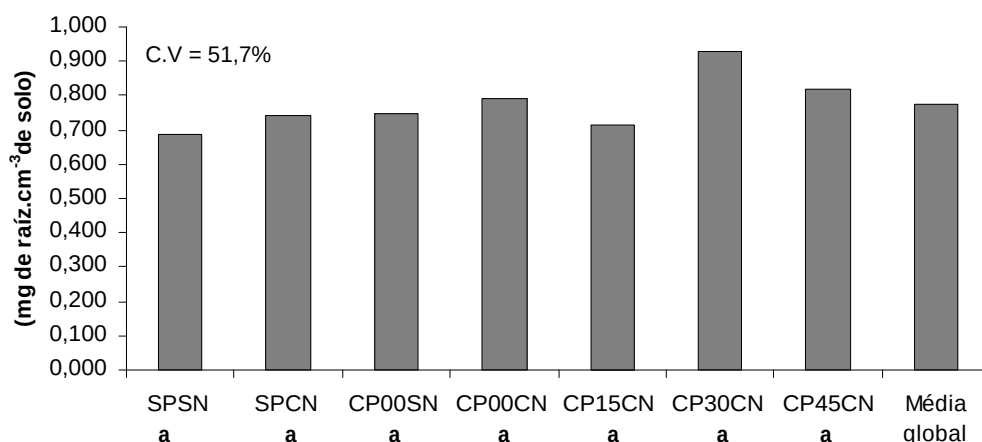


FIGURA 4 – Massa de matéria seca de raízes (mg de raiz.cm⁻³ de solo) média de tratamentos de pastagem de Inverno sem pastejo sem N (SPSN); sem pastejo com N (SPCN); com pastejo sem N (CP00SN), retirando os animais no dia da dessecação e com pastejo e com N, retirando os animais no dia da dessecação (CP00CN), 15 (CP15CN), 30 (CP30CN) e 45 (CP45CN) dias antes da dessecação, UEPG – Fazenda Escola “Capão da Onça”, Ponta Grossa, PR, 2002.

Box (1996), informou que a massa de raízes, isoladamente, é um componente pouco confiável, verificando que amostras com reduzido número de raízes (tamanho) e de grosso calibre podem ter mais massa que outras finas e de vários metros de comprimento, que tem mais atividade metabólica. Esta situação pode estar ocorrendo com as raízes da pastagem em questão pois, a coleta foi realizada no período em que as plantas estavam em enchimento de grão ou iniciando a maturação fisiológica.

Dovrat *et al.* (1980), observaram que redução de massa seca de raízes proporcional à desfolha, sendo o efeito mais significativo sobre o sistema radicular durante a primeira e segunda semana após a desfolha ou pastejo. Depois do estresse sofrido pela planta ocorre um incremento da massa radicular, que é relativamente constante e proporcional ao crescimento aéreo. Esta afirmação concorda com o fato dos tratamentos CP30CN e CP45CN, terem tendência de melhor desenvolvimento para este componente.

Thornton e Millard (1993) verificaram que a severidade de desfolha resultou em decréscimo da massa seca de raízes associada a diminuição da absorção de nitrogênio de 0,54 para 0,14 mg N (semana)⁻¹. (planta)⁻¹ em azevém quando a planta foi repetidamente cortada a oito e quatro cm respectivamente, comprometendo o vigor a rebrota.

4.1.2 – VOLUME DE RAÍZES

Resultados das medições de volume total de raízes para média de tratamentos não apresentaram diferença significativa pelo teste de Duncan a 5%. Este componente apresentou coeficiente de variação na ordem de 60% (Figura 5). Há tendência em valores mais elevados nas parcelas que receberam adubação nitrogenada em cobertura, quando comparadas às parcelas SN com e sem pastejo. O tempo de diferimento dos tratamentos parece não influenciar no volume total de raízes. A proximidade dos valores medidos nos tratamentos CP00CN, CP15CN, CP30CN, e CP45CN pode estar relacionada a fase de desenvolvimento fisiológico da cultura encontrada em dreno reprodutivo com prioridade de alocação de reservas para formação e enchimento de grãos. Ainda, precedeu a coleta das amostras de raízes um declínio da disponibilidade hídrica a partir do mês de setembro até o início do mês de outubro.

A estabilidade do volume total de raízes não indica que o sistema radicular tenha paralisado o crescimento. Volume é determinado em função do comprimento e da área ocupada pelas raízes, associada ao diâmetro. Assim, sugere-se que pode estar havendo renovação por surgimento de novas raízes e morte de raízes influenciada pela idade

fisiológica e pelo declínio da disponibilidade de água na solução do solo, mantendo a estabilidade dos valores de volume do sistema radicular.

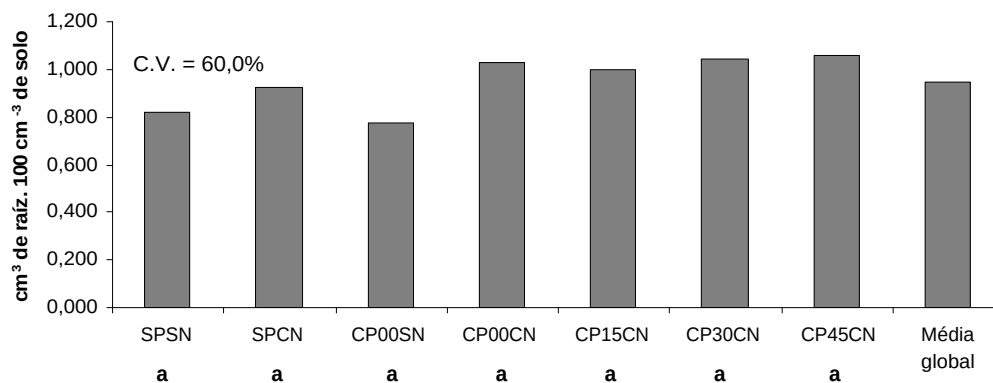


FIGURA 5 – Volume raízes (cm^3 de raiz. $100.\text{cm}^{-3}$ de solo) média de tratamentos de pastagem de Inverno sem pastejo sem N (SPSN); sem pastejo com N (SPCN); com pastejo sem N (CP00SN), retirando os animais no dia da dessecação e com pastejo e com N, retirando os animais no dia da dessecação (CP00CN), 15 (CP15CN), 30 (CP30CN) e 45 (CP45CN) dias antes da dessecação, UEPG – Fazenda Escola “Capão da Onça”, Ponta Grossa, PR, 2002.

4.1.3 – COMPRIMENTO DE RAÍZES

Resultados das medições de comprimento total de raízes para média de tratamentos não apresentam diferença significativa pelo teste de Duncan a 5%. Este componente apresentou coeficiente de variação na ordem de 34,8% (Figura 6). O comprimento do sistema radicular mostrou ser parâmetro com menores variações que massa seca de raízes para as avaliações realizadas.

Os tratamentos CP30CN e CP45CN mostram tendência de valores superiores se comparados com os demais, ainda CP15CN e CP00CN são ligeiramente inferiores aos anteriores e de valores mais elevados se comparados aos SPSN, SPCN, e CP00SN. Esta constatação pode indicar que o comprimento do sistema radicular é influenciado positivamente por adubação nitrogenada e por períodos maiores de diferimento. Em concordância com os resultados de Pagotto (2001) que encontrou recuperação do sistema radicular de gramínea de verão iniciando em 12 dias após cessar a desfolha, atingindo melhores índices depois da terceira semana pós pastejo. Em trabalhos com raízes de

azevém outros autores informaram que ocorreu paralisação no desenvolvimento das mesmas após a desfolha priorizando a recomposição da parte aérea da planta. Ainda, há diminuição do sistema radicular e aumento da mortalidade de raízes, quando se aumenta a intensidade de pastejo (Donaghy & Fulkerson, 1998; Deinum, 1985). Segundo Correa (1981), ocorre a paralisação no desenvolvimento do sistema radicular após desfolha entre 7 e 14 dias em capim Jaraguá. Após 14 dias há tendência de retomada de crescimento.

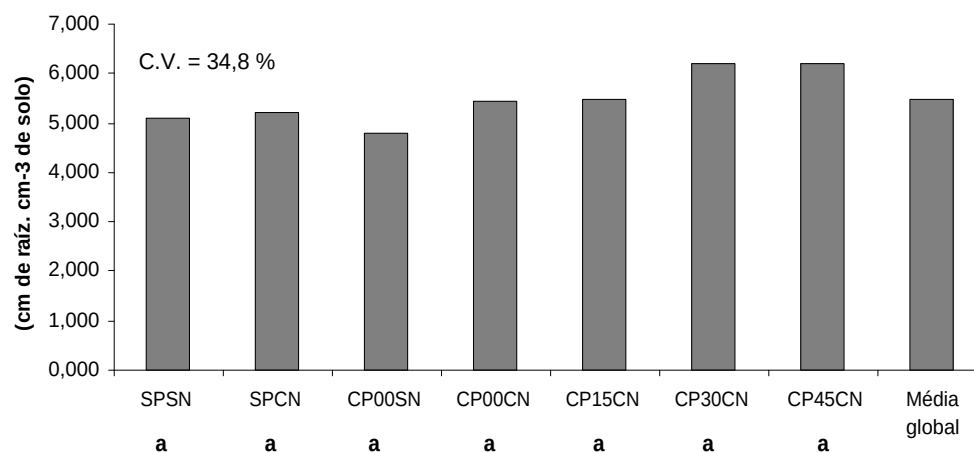


FIGURA 6 – Comprimento de raízes (cm.cm⁻³ de solo) média de tratamentos de pastagem de Inverno sem pastejo sem N (SPSN); sem pastejo e com N (SPCN); com pastejo sem N (CP00SN), retirando os animais no dia da dessecação e com pastejo e com N, retirando os animais no dia da dessecação (CP00CN), 15 (CP15), 30 (CP30) e 45 (CP45) dias antes da dessecação, UEPG – Fazenda Escola “Capão da Onça”, Ponta Grossa, PR, 2002.

Segundo Lamaire & Chapman (1996), até 80 % do nitrogênio presente na parte aérea formada na primeira semana após o corte, pode ser proveniente da translocação de raízes e hastes, sendo o restante proveniente da absorção via solo. Um dos motivos para esta diferença neste trabalho é que a carga animal foi ajustada à disponibilidade das espécies forrageiras, reduzindo a intensidade de desfolha, conseqüentemente aumentando a velocidade de regeneração por maior índice de área foliar remanescente (IAF).

Existe uma interdependência entre o desenvolvimento do sistema de raízes e a parte aérea da pastagem, onde as raízes suprem a planta com água e nutrientes recebendo em troca produtos fotossintetizados e reguladores de crescimento. O desenvolvimento de ambos é bem equilibrado, no entanto, a proporção entre raízes e colmos e área foliar e comprimento de raízes apresentam variações entre espécies e ambiente. Esta habilidade das plantas em variar a relação entre raízes e parte aérea pode ser alterada para aumentar a sua eficiência (Taylor, 1981), por exemplo, com fertilizações químicas ou orgânicas.

4.1.4 – DIÂMETRO MÉDIO DE RAÍZES

A variável diâmetro (Figura 7) teve significância $P < 0,05$, para média geral de tratamentos, e apresentou C.V.= 7,5% Nesta situação o diferimento da pastagem 30 dias antes do plantio de verão (CP30CN), foi significativamente superior aos demais. Esta diferença muito provavelmente está relacionada à melhor qualidade dos atributos químicos do solo. A medição dos outros tratamentos com média geral de 0,44 mm está em conformidade com os dados encontrados por Crusch (2002), na ordem de $\varnothing$ 0,5 mm em média trabalhando com crescimento de raízes de azevém perene, em camada compactada.

Não foi verificado aumento do diâmetro no CP45CN diferido 45 dias antes do plantio, que mostrou-se igual ao CP15CN. Suspeita-se que seja pelo motivo das plantas estarem em estadio reprodutivo iniciando a senescência no momento da coleta das raízes. Os tratamentos sem pastejo com e sem nitrogênio (SPCN e SPSN), com pastejo retirando os animais na data da dessecação com e sem nitrogênio (CP00CN e CP00SN), não apresentaram diferenças significativas pelo teste de Duncan a 5% (Tabela 3).

A variação máxima de diâmetro foi de 27 milésimos de milímetros, para a média de tratamentos. Sendo o maior valor medido de 0,452 mm e o menor valor medido de 0,425 mm.

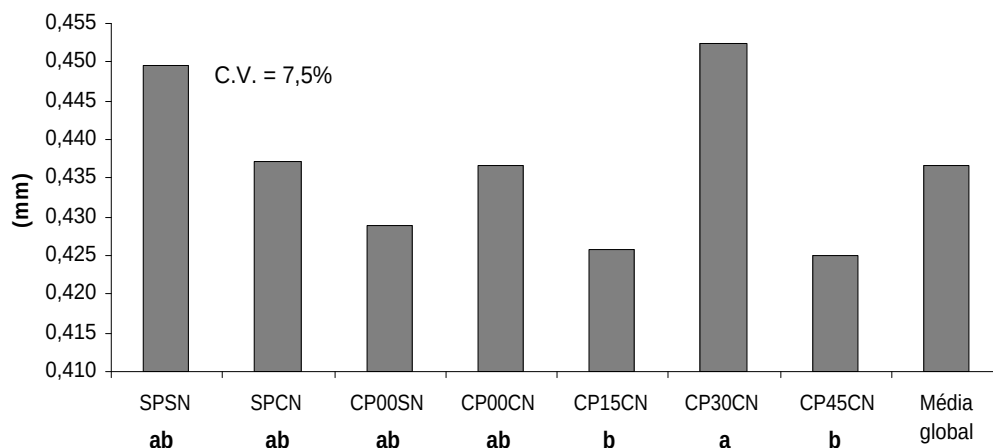


FIGURA 7 – Diâmetro de raízes (mm) médio para tratamentos de pastagem de Inverno sem pastejo sem N (SPSN); sem pastejo com N (SPCN); com pastejo sem N (CP00SN), retirando os animais no dia da dessecação e com pastejo e com N, retirando os animais no dia da dessecação (CP00CN), 15 (CP15), 30 (CP30) e 45 (CP45) dias antes da dessecação, UEPG – Fazenda Escola “Capão da Onça”, Ponta Grossa, PR, 2002.

4.2 – INTERAÇÃO POSIÇÃO X PROFUNDIDADE.

O desenvolvimento dos componentes físicos do sistema radicular da pastagem de aveia e azevém consorciada foram mais acentuados na posição de linha de semeadura nos dez centímetros iniciais de solo P_1 , quando comparado à profundidade P_2 (Tabela 4) e as médias gerais por tratamento estão nos anexos 4 e 5. Os resultados de entrelinha mostram em P_1 , maior concentração em todos os parâmetros. Houve significância ao nível de 1% pelo teste de Duncan para a interação posição x profundidade. Esta diferença é esperada devido às condições de crescimento do sistema radicular das forrageiras em questão. A concentração de raízes em P_1 , tanto na linha como na entrelinha pode ser entendida a partir do maior teor de matéria orgânica que está concentrado nesta camada. A mineralização dos restos das culturas anteriores e a decomposição do esterco animal tornam esta camada rica em nutrientes proporcionando este melhor desenvolvimento das raízes.

Em P_1 os componentes avaliados de massa seca de raízes, comprimento, volume e diâmetro desenvolveram-se mais intensamente, podendo-se inferir que existam raízes realizando basicamente sustentação da parte aérea (maior diâmetro e proximidade da inserção do pseudo-colmo). O comprimento indica que para cada centímetro cúbico de solo tem-se mais de 10 cm de raiz onde boa parte delas realiza absorção dos nutrientes requeridos pelo desenvolvimento das sementes e folhas das plantas. Kramer (1983) afirma que a capacidade do sistema radicular em absorver água e nutrientes não aumenta em proporção ao aumento do comprimento ou da área ocupada pelas raízes. O fator que rege a qualidade de entrada de elementos no vegetal são raízes novas com alta capacidade de absorção, produzidas constantemente pela planta, enquanto raízes mais velhas se tornam menos permeáveis.

TABELA 4 – Desenvolvimento de parâmetros físicos do sistema radicular de pastagem de inverno avaliados nas posições linha e entre linha em profundidades de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm. UEPG - Fazenda Escola “Capão da Onça”, Ponta Grossa, PR, 2002.

Tratamentos	Matéria Seca		Comprimento		Diâmetro		Volume	
	(mg.cm ⁻³)		(cm.cm ⁻³)		(mm)		(cm ³ .100cm ⁻³)	
Linha – P_1	2,190	A	10,694	A	0,544	A	2,315	A
Linha – P_2	0,235	B	3,500	B	0,393	B	0,407	B
Entre linha – P_1	0,485	a	4,915	a	0,425	a	0,735	a
Entre linha – P_2	0,190	b	2,858	b	0,358	b	0,343	b

Medidas seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan a nível de 5% de probabilidade. Letra maiúscula, Refere-se a posição de linha e minúscula a posição entre linha.

A distribuição horizontal das raízes indica a primeira camada de solo como sendo de suma importância para o estudo do sistema radicular, tanto na linha quanto na entrelinha de semeadura. Em conformidade com Pagotto, (2001), Rodrigues e Cadima –Zevallos (1991) e Deinum (1985), que constataram maior desenvolvimento de raízes nas camadas mais superficiais do solo, sendo esta mais importante para absorção de nutrientes e sustentação da parte aérea no caso de poáceas. As raízes que se desenvolvem em profundidade tem melhor eficiência para auxiliar a planta em condições de estresse hídrico por explorar maior quantidade de solo. Contudo, Matthew e Kemball (1997) apontam maior mortalidade para raízes que crescem em fitômeros mais distantes da coroa da planta, em função de receberem menores quantidades de fotoassimilados.

Na situação de linha em P_1 comparado a P_2 as médias dos componentes de raízes, mostram diferença bastante acentuada, havendo praticamente 10, 3, $1\frac{1}{2}$ e 6 vezes mais matéria seca de raízes (MSR), comprimento de raízes (CR), diâmetro médio de raízes (DMR) e volume de raízes (VR) respectivamente na profundidade de 0 a 10 que na de 10 a 20 cm. A mesma comparação com relação à entrelinha, resulta nos seguintes valores $2\frac{1}{2}$; 2; $1\frac{1}{2}$ e 2 vezes mais raízes compreendidas na camada superficial da entrelinha que em profundidade, para matéria seca de raízes (MSR), comprimento de raízes (CR), diâmetro médio de raízes (DMR) e volume de raízes (VR) respectivamente.

A expressão de MSR (%) na linha em P_1 foi de 90,3% e em P_2 10,7%; e VR % linha em P_1 foi de 85% e em P_2 15%. Merten e Mielniczuk (1991) trabalhando com raízes de aveia sob plantio direto verificaram que 84% da massa seca de raiz está concentrada nos 10 centímetros iniciais de solo. Deinum (1985) constatou que sob pastejo a distribuição relativa de raízes de azevém na profundidade de 0 a 10 centímetros foi de 85 %.

4.3 – COMPRIMENTO FRACIONADO DE RAÍZES EM FUNÇÃO DE CLASSES DE DIÂMETRO.

A medição do comprimento do sistema radicular (CR) do consórcio de pastagem foi em três classes de diâmetro ($\emptyset$), sendo: raízes com $\emptyset < \frac{1}{2}$ mm; raízes compreendidas entre $\emptyset \frac{1}{2}$ mm e $\emptyset 1\frac{1}{2}$ mm e raízes com $\emptyset > 1\frac{1}{2}$ mm. Os resultados da média geral e de cada tratamento (Figura 8), em que se observou valores maiores em diâmetro inferior a meio milímetro (os resultados completos e médias gerais por tratamento constam no anexo 5). Esta constatação se deve, muito provavelmente às características de crescimento específicas das espécies forrageiras implantadas e pelas características morfológicas do sistema radicular das poáceas, que por ser fasciculado, se distribui com facilidade

horizontalmente, que segundo Muller (2003), é dependente do arranjo espacial da cultura e das operações de cultivo. Conforme a Figura 7 o valor médio de diâmetro situou-se em 0,44 mm, evidenciando a causa da concentração de comprimento nesta classe ($\varnothing < \frac{1}{2}$ mm).

O desenvolvimento tende a ser melhor nas parcelas adubadas com nitrogênio, tanto nas que foram pastejadas como nas que não receberam animais. O efeito do diferimento indica que melhorou o desenvolvimento radicular nas épocas mais de maior tempo de diferimento (30 e 45 dias), em todas as classes. Não foi verificada significância pelo teste de Duncan ao nível de 5% para os tratamentos.

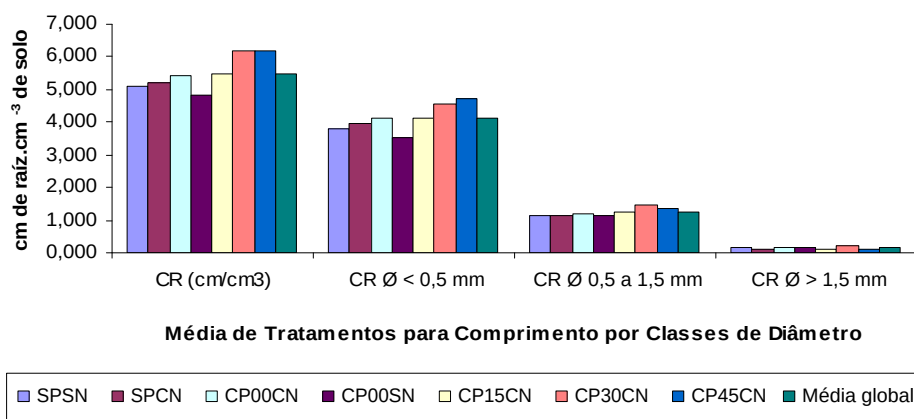


FIGURA 8 – Comprimento de raízes (CR (cm de raiz .cm⁻³ de solo)) média dos tratamentos de pastagem de Inverno classes de diâmetro de raízes menor que $\frac{1}{2}$ mm; entre $\frac{1}{2}$ e $1 \frac{1}{2}$ e maior que $1 \frac{1}{2}$ mm referente aos tratamentos sem pastejo sem N (SPSN); sem pastejo e com N (SPCN); com pastejo sem N (CP00SN), retirando os animais no dia da dessecação e com pastejo e com N, retirando os animais no dia da dessecação (CP00CN), 15 (CP15CN), 30 (CP30CN) e 45 (CP45CN) dias antes da dessecação, UEPG – Fazenda Escola “Capão da Onça”, Ponta Grossa, PR, 2002.

O crescimento do sistema radicular na classe de diâmetro $\varnothing < \frac{1}{2}$ mm (Figura 9) mostra que há concentração de raízes de maneira acentuada na superfície em linha e entre linha que na posição de linha de semeadura em profundidade de 0 a 10 cm (P₁), houve uma ligeira superioridade dos tratamentos fertilizados com nitrogênio comparado aos que não o receberam; as parcelas pastejadas também tiveram resultados suavemente superiores aos daquelas não pastejadas.

Esta concentração concorda com dados apresentados por Peterson e Sim (1999), onde o comprimento de raízes foi afetado positivamente pela adição de nitrogênio. A maior presença de componentes do sistema radicular em P₁, é devido a oferta de nutrientes, melhor aeração do solo, ciclagem de nutrientes provenientes da mineralização de matéria orgânica e fertilizantes e das próprias características morfológicas das raízes do consórcio de pastagem de aveia e azevém.

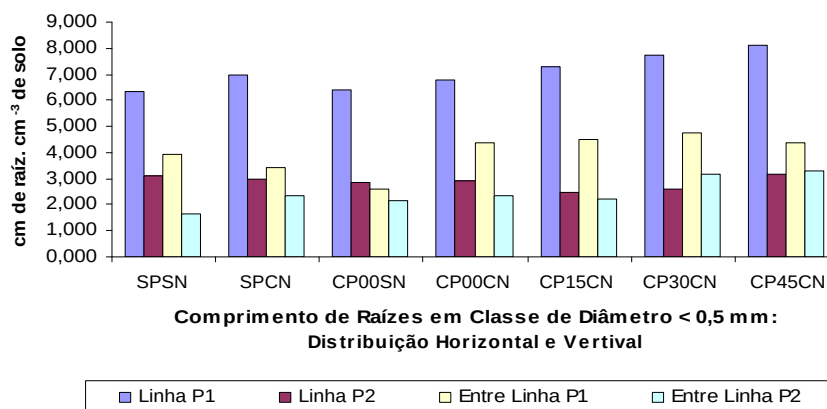


FIGURA 9 – Comprimento de raízes (CR (cm.cm⁻³ de solo)) em Ø até ½ mm, média de posição em profundidade os tratamentos de pastagem de Inverno Sem pastejo sem N (SPSN); sem pastejo e com N (SPCN); com pastejo sem N (CP00SN), retirando os animais no dia da dessecação e com pastejo e com N, retirando os animais no dia da dessecação (CP00CN), 15 (CP15CN), 30 (CP30CN) e 45 (CP45CN) dias antes da dessecação, UEPG – Fazenda Escola “Capão da Onça”, Ponta Grossa, PR, 2002.

A figura 10 apresenta o desenvolvimento do sistema radicular do consórcio de aveia e azevém na classe de diâmetro ½ mm < Ø > 1 ½ mm, em distribuição horizontal e vertical, sendo a concentração praticamente metade dos totais da figura 8, para os mesmos tratamentos. Os resultados indicam novamente valores mais elevados na linha até 10 cm de profundidade com o triplo de comprimento em relação às posição x profundidade.

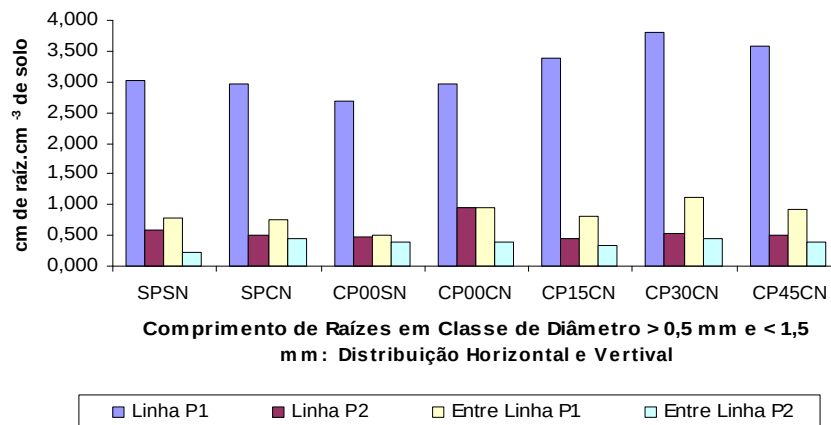


FIGURA 10 – Comprimento de raízes (CR (cm de raiz.cm⁻³ de solo)) em Ø de ½ mm, 1 ½ mm média de posição em profundidade os tratamentos de pastagem de Inverno Sem pastejo sem N (SPSN); sem pastejo e com N (SPCN); com pastejo sem N (CP00SN), retirando os animais no dia da dessecação e com pastejo e com N, retirando os animais no dia da dessecação (CP00CN), 15 (CP15CN), 30 (CP30CN) e 45 (CP45CN) dias antes da dessecação, UEPG – Fazenda Escola “Capão da Onça”, Ponta Grossa, PR, 2002.

Foi encontrado que a distribuição de raízes para classes de diâmetro, para média geral de tratamentos, revelou a proporção de 74,8%, 22,7% e 2,6% por diferença encontrase em CR < 0,5mm, CR 0,5 > Ø < 1,5 mm e CR Ø > 1,5 mm (por diferença), respectivamente (Figura 9 e Figura 10). Ratificando, portanto a avaliação de que as raízes mais finas (não lignificadas ou suberizadas) proporcionam maior comprimento e conseqüentemente são as principais responsáveis pela absorção de nutrientes. Em conformidade com o que descreveu Mello Ivo e Mielniczuk (1999) que a capacidade do sistema radicular em absorver água e nutrientes está relacionada com o maior comprimento de raízes, fazendo com que ocorra maior absorção por centímetro de raiz pelo maior volume de solo explorado.

Houve novamente tendência de influência positiva do nitrogênio e do pastejo nos valores apresentados nas Tabelas 9 e 10, principalmente na posição de linha em profundidade de 0 a 10 cm (P₁), também nesta mesma situação a concentração de raízes na média dos tratamentos foi de 75% em P₁. Já para a posição entrelinha em P1, verificou-se 63% do total médio das raízes referentes naquela posição.

4.4 – DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DE COMPONENTES DO SISTEMA RADICULAR EM FUNÇÃO DE CLASSES DE DIÂMETRO

A distribuição de raízes para média de tratamentos em função de classes de diâmetro para comprimento e volume expressa em %, evidencia que em função do estágio fenológico da cultura em pós-florescimento na fase de enchimento de grãos, o sistema radicular não sofre alterações maiores por conta do dreno reprodutivo, encontrando-se estável. Da análise das Figuras 11 e 12 pode-se concluir que a percentagem de volume para diâmetro maior que 1,5mm variando entre 30 e 45%, deve ser de razões associadas a sustentação da planta, portanto já lignificadas, não sendo responsáveis absorção significativa de nutrientes e possivelmente localizadas na base do pseudo colmo, por apresentarem comprimento inferior a 5% do total. As raízes de diâmetro variando entre 0,5 e 1,5 mm representam aproximadamente 50% do volume total de raízes e compreendem 25% do comprimento das mesmas. Possivelmente façam atividade de sustentação e alguma ação de absorção de nutrientes. Já, as raízes com diâmetro menor que 0,5 mm representam mais de 70% do comprimento total e em volume menor que 20% do total. Estas são as grandes responsáveis pela absorção dos nutrientes enviados para a parte aérea e armazenamento de reservas. Esta constatação está em conformidade com que se relata a seguir.

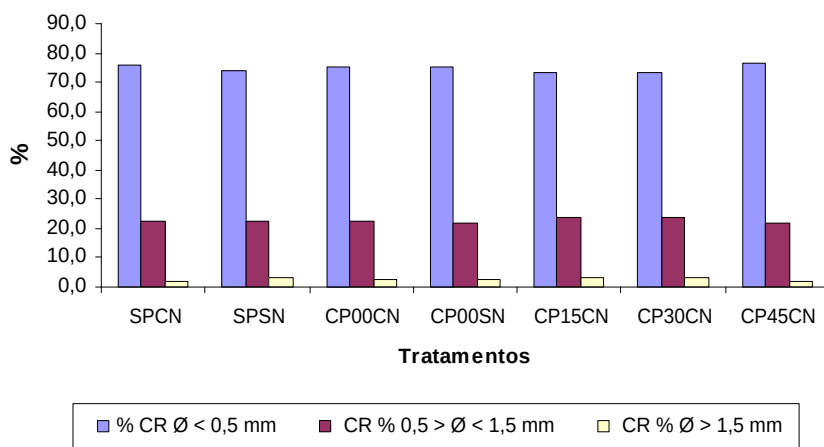


FIGURA 11 – Comprimento de raízes (CR) médio de tratamentos expresso em percentual de três classes de diâmetro. UEPG – Fazenda Escola Capão da Onça. Ponta Grossa. 2002

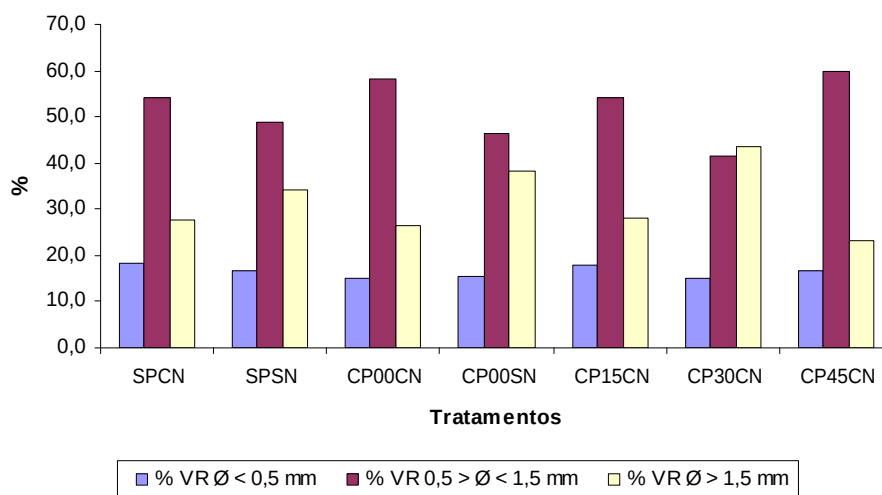


FIGURA 12 – Volume de raízes (VR) médio de tratamentos expresso em percentual de três classes de diâmetro.UEPG – Fazenda Escola “Capão da Onça”, Ponta Grossa, PR, 2002.

As modificações anatômicas que ocorrem durante a maturidade dos tecidos, por suberização, cutinização, formação de tecidos secundários, entre outros determinarão o padrão de absorção pelas partes mais velhas da raiz (Hopkins, 1995).

4.4 – TEMPO DE DIFERIMENTO ANTES DA DESSECAÇÃO.

Os componentes físicos do sistema radicular do consórcio de pastagem de inverno foram avaliados com relação ao período de diferimento, representado por número de dias que os animais foram retirados, antecedendo a dessecação da palhada prevendo a implantação da cultura de verão.

O fator tempo tende proporcionar melhor desenvolvimento da massa de matéria seca de raízes (MSR) proporcionalmente ao tempo de aumento do tempo de diferimento, principalmente em P_1 , tanto na linha com na entrelinha.(Figura 13). Os valores obtidos em P_2 são praticamente constantes próximos de $0,25 \text{ mg de raiz.cm}^{-3}$ de solo, não sendo possível verificar o efeito do tempo sobre o desenvolvimento em profundidade do sistema radicular.

A massa da matéria seca das raízes indica tendência de concentração em maior quantidade na superfície do solo na linha de semeadura, com aproximadamente quatro vezes

mais massa se comparada às entrelinha em P_1 , linha em P_2 e entrelinha em P_2 . Fante Jr *et al* (1999), encontraram na camada de 0 a 10 cm de profundidade, aumento da massa radicular, quando comparada com as camadas em 10 a 20 cm e de 20 a 50 cm, em trabalho com sistema radicular de aveia, variando o intervalo de coleta.

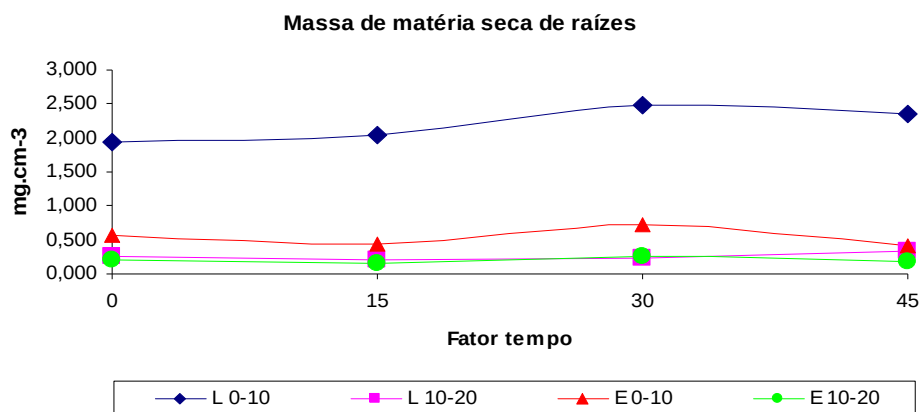


FIGURA 13 – Desenvolvimento da massa de matéria seca de raízes afetada pelo tempo de diferimento da pastagem e distribuição horizontal e vertical. UEPG – Fazenda Escola “Capão da Onça”, Ponta Grossa, PR, 2002.

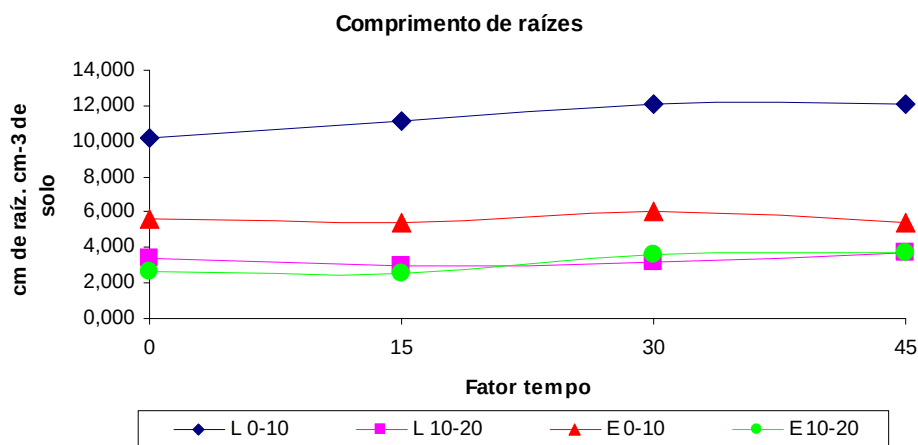


FIGURA 14 – Desenvolvimento de comprimento de raízes afetado pelo tempo de diferimento da pastagem e distribuição horizontal e vertical. UEPG – Fazenda Escola “Capão da Onça”, Ponta Grossa, PR, 2002.

O componente de desenvolvimento radicular comprimento (Figura 14) em P_1 apresentou tendência de ser influenciado positivamente pelo tempo de diferimento da pastagem, havendo elevação dos valores absolutos proporcionalmente ao aumento do intervalo de descanso da forrageira. Nesta camada de solo, houve concentração de grande parte das raízes. A camada P_2 indica valores estáveis ao longo do tempo, quanto ao desenvolvimento do comprimento de raízes.

O Volume do sistema radicular do consórcio de pastagem de inverno (Figura 15) não teve variações intensas ao longo dos períodos de diferimento. Permanecendo a mesma tendência dos demais componentes avaliados de concentrar valores na camada 0 a 10 cm de profundidade

O diâmetro médio das raízes em função do tempo de diferimento (Figura 16) apresenta o fator tempo 30 dias antes da dessecação com valores superiores aos demais, especialmente em P_1 . O fator tempo 15 dias foi diferido num momento de baixa disponibilidade hídrica que pode ter prejudicado a recuperação do sistema radicular. Mello Ivo e Mielniczuk (1999), inferira que a menos que algum fator de crescimento final da planta venha a ser limitante no processo, as mudanças no solo – absorção e trocas gasosas e outras – não afetarão o crescimento da planta (aéreo e radicular).

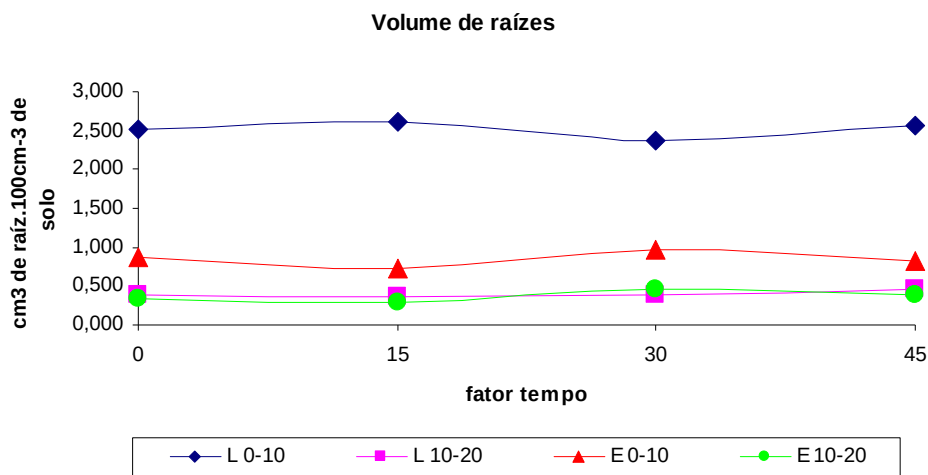


FIGURA 15 – Desenvolvimento do volume de raízes afetado pelo tempo de diferimento da pastagem e distribuição horizontal e vertical. UEPG – Fazenda Escola “Capão da Onça”, Ponta Grossa, PR, 2002.

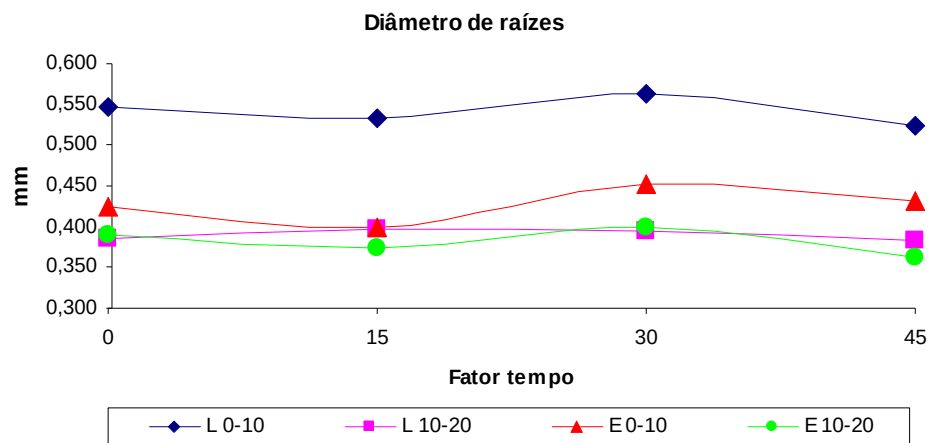


FIGURA 16 – Desenvolvimento de diâmetro de raízes afetado pelo tempo de diferimento da pastagem e distribuição horizontal e vertical. UEPG – Fazenda Escola “Capão da Onça”, Ponta Grossa, PR, 2002.

5. – CONCLUSÕES

A intensidade de pastejo com diferimento em 30 e 45 dias adubados com adubação nitrogenada tende a proporcionar melhor recuperação dos componentes físicos do sistema radicular do consórcio de pastagem de inverno formado pela mistura de aveia e azevém.

A adubação nitrogenada não tem influência positiva nos componentes massa de matéria seca, comprimento e volume de raízes

O pastejo em função da época de diferimento tende influenciar positivamente o desenvolvimento dos componentes de comprimento e massa de matéria seca do sistema radicular.

O sistema radicular da pastagem de inverno se concentra em maior quantidade na linha de semeadura na profundidade de 0 a 10 cm em todos os componentes físicos avaliados, se comparado com a entrelinha de semeadura.

O sistema de Integração Lavoura-Pecuária não interfere com o sistema tradicional de Plantio Direto, pois o manejo não afetou os resultados.

6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

As dificuldades metodológicas são o principal entrave para estudos com raízes. A variabilidade dos dados requer grande quantidade de amostra para se detectar diferença significativas. Os padrões de análise estatística usuais são de aplicação duvidosa em estudo de raízes, necessitando modificações e significância menos ortodoxas.

A grande variabilidade dos fatores relacionados com a dinâmica do desenvolvimento do sistema radicular, tais como: quantidade de elementos químicos disponíveis, disponibilidade hídrica e o estado físico influi diretamente sobre os resultados.

O efeito da presença animal sobre a área deve ser relacionado com compactação, para caracterizar que o resíduo radicular e aéreo tem influência positiva na aeração do solo. Em trabalhos futuros deve ser avaliado o desenvolvimento radicular em função do desenvolvimento fisiológico da pastagem, amostrando em diferentes épocas.

Para poaceas de inverno a camada de 0 a 10 centímetros de profundidade merece mais estudos devido aos elevados índices de concentração dos componentes radiculares

Relacionar a contribuição do sistema radicular das forrageiras de inverno para o desenvolvimento da cultura sucessora de verão, merece atenção por causa da adição de matéria orgânica que será agregada ao sistema.

A camada de 10 centímetros iniciais de solo mostrou ser de fundamental importância para o crescimento de raízes em pastagem de inverno consorciada de aveia e azevém no sistema de integração lavoura-pecuária.

O sistema radicular das forrageiras contribui para o processo de integração lavoura-pecuária na adição de matéria orgânica, formação de galerias no solo pela morte das raízes na dessecação, melhorando a condição de implantação da cultura sucessora.

7 – REFERÊNCIAS

1. ARCHER, S.; SMEINS, F. E. Ecosystem-level processes. In Heitschmidt, R. K.; Stuth, J. W. (Ed) **Grazing management: An ecological perspective**. Portland: Timber Press, 1991. p.109-139
2. ARNONE III, J.A ZALLER, J.G. SPEHN, E.M. NIKLAUS, P.A. Dynamics of root system in native grasslands: effects of elevated atmospheric CO₂. **New phytologist**, v.147 p. 73-85, 2000.
3. ASSMANN, T.S. **Rendimento de milho em áreas de integração lavoura-pecuária sob sistema de plantio direto, em presença e ausência de trevo branco, pastejo e nitrogênio**. Curitiba, 2001. 80 p. Tese (Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal) Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 2001.
4. BAYER, C.; MIELNICZUCK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.21, n.1, p.105-112, 1997.
5. BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: Funep, 1988. 42p.
6. BERNTSON, G.M; Fractal geometry, scaling, and description of plants root architecture. I In: WAISEL, Y.; ESHEL, A.; KADAFKI, V., (Ed.) **Plant roots: the hidden half**. (2º ed.) New York: Marcel Decker, 1996. p. 265-286.
7. BONA FILHO, A. **Produção de bovinos de corte em pastagem de inverno com e sem trevo branco sob níveis de adubação nitrogenada e rendimento da cultura do feijoeiro na integração lavoura-pecuária**. Curitiba, 2002. 133 p. Tese (Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal) Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 2002.
8. BOX, J.E.Jr. Modern methods for root investigation. In: WAISEL, Y.; ESHEL, A.; KAFKAFI, U. **Plant roots: the hidden half**. New York: Marcel Dekker, Inc, 1991.p.193-238
9. BRISKE, D.D Developmental morphology and physiology of grasses. In: HEITSCHMIDT, R. K.; STUTH, J. W. (Ed) **Grazing management: An ecological perspective**. Portland: timber Press, 1991. p.11-26.
10. BRISKE, D.D.; RICHARDS, J.H. Plant responses to defoliation: a physiologic, morphologic and demographic evaluation. In: BEDUNAH, D.J., SOSEBEE, R.E. (eds.) **Wildland plants: physiological ecology and developmental morphology**. p.635-710. 1995Briske 1986
11. CHACON-MORENO, E.; RADA, F.; SAMIENTO, G. Intercambio gaseoso, nitrógeno foliar y optimización en el manejo de *Panicum maximum* (tipo común) submetido a diferentes frecuencias de corte. **Turrialba**, v.45, p.19-26. 1995.
12. CORREA, L.A. **Efeito do intervalo e número de cortes sobre os teores de carboidratos de reserva, peso das raízes e produção de matéria seca do capim Jaraguá (*Hyparrheia rufa* (Ness) Stapf), após diferentes tempos de rebrota**. Viçosa, UFV, 1981. 27p (Tese MS)

13. CORSI, M. Pastagens de alta produtividade. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. (Ed.) **Pastagens: fundamentos da exploração racional**. Piracicaba: FEALQ, 1994. p. 477-494.
14. CORSI, M.; MARTHA JUNIOR, G. B.; PAGOTTO, D. S. Sistema radicular: dinâmica e resposta a regimes de desfolha. In: MATTOS, W.R.S.; FARIA, V. P.; SILVA, S.C.; NUSSIO, L. G.; MOURA, J. C. (Ed). **A produção animal na visão dos brasileiros**. Piracicaba: FEALQ, 2001. p.838-852.
15. CORSI, M.; NASCIMENTO Jr, D. Princípios de fisiologia e morfologia de plantas forrageiras aplicados no manejo de pastagens. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. (Ed.) **Pastagens: fundamentos da exploração racional**. Piracicaba: FEALQ, 1994. p. 15-48.
16. CRUCH, J.R.; OUYANG, L.; EERENS, J.P.; STEWRT, A. The growth of roots of perennial, Italian, hybrid and annual ryegrasses through a high-strength root medium. **Grass and Forage Science**, v.57, p 322-338, 2002.
17. DAROS, E.; ZAMBON, J.L.C.; WEBER, H.; IDO, O.T.; GRACIANO, P.A.; ZANETE, F. Desenvolvimento e distribuição de raízes de diferentes culturas, em condições rizotron, no Paraná. In: WORKSHOP SOBRE SISTEMA RADICULAR: METODOLOGIAS E ESTUDO DE CASOS, 1999, Aracaju. **Anais...Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros**,1999. p. 167-178.
18. DEINUM, B. Root mass of swards in different grazing systems. **Netherlands Journal of Agriculture Science**, v. 33, p.337-384, 1985.
19. DONAGHY, D. J.; FULKERSON, W.J. Priority for allocation of water soluble carbohydrate reserves during regrowth of *Lolium perene*. **Grass and Forage Science**, v.53, p 211-218, 1998.
20. ELTZ, F.L. F.; PEIXOTO, R.T.G.; JASTER, F. Efeitos de sistema de preparo do solo nas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Bruno álico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, n 13, p.259-267. 1989.
21. FANTE JR, L.; REICHARDT, K; JORGE, L.A.C; BACCHI, O.O.S. Distribuição do sistema radicular de uma cultura de aveia forrageira. **Scientia Agrícola** Piracicaba v.56, n.4, p.1091-1100. 1999
22. FITTER, A. H. Roots dynamics systems: the developmental ecology of roots and root systems. In: SCHOLLES, J. D.; BARKER, M. G. (Ed.) **Physiological plant ecology**. M. C. Press, 1999. p.115-130.
23. FRANKOW-LINDBERG, B.E. Assimilate partitioning in three white clover cultivars in the autumn, and the effect of defoliation. **Annals of Botany**, v. 79, p. 83-87, 1997
24. GASTAL, F.; BÉLANGER, G.; LEMAIRE, G. A model of the leaf extension rate of tall fescue in response to nitrogen and temperature. **Annals of Botany**, v.70,p.437-442, 1992.
25. HUCK, M.G.; TAYLOR, H.M. The rhizotron as a tool for root research. **Advances in Agronomy**, New York, v.35, p.529-530, 1980.

26. HARRIS, W. Defoliation as a determinant of the growth, persistence and composition of pastures. In: WILSON, J.R. (Ed) **Plant relations in pastures**. Brisbane: CSIRO, 1978. p.67-85.
27. HAYNES, R. J.; WILLIAMS, P. H. Nutrient cycling and soil fertility in the grazed pasture ecosystem. **Advances in Agronomy**, New York, v.49, p.119-199, 1993.
28. HUMPHREIS, L.R. Tropical pasture utilization. Cambridge: Cambridge University Press, 1991. 206p.
29. HUMPHREYS, L.R. The envolving Science of Grassland Improvement. Cambridge **University Press**. 1997. Cap. 3, p.74-107.
30. HOPKINS, W. G. Introduction to plant physiology. New York: Jonh wiley, 1995. 464p.
31. IDO, O.T; **Desenvolvimento radicular e caulinar, de três variedades de cana-de-açúcar, em rizotron, em dois substratos**. Curitiba: UFPR, 2003.141p. Tese (Doutorado em Agronomia, Produção Vegetal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
32. IMHOFF, S; SILVA, A.P da; TORMENA, C.S. Aplicações de curva de resistência no controle da qualidade física de um solo sob pastagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.7, p. 1493-1500, 2000.
33. IMSAND, J.; TOURAINÉ, B.N. Demand and regulation of nitrate uptake. **Plant Physiology**, v.195, p.3-7. 1994.
34. KLEPPER, B. Root-shoot relationships. In: WASEL, Y.; ESHEL, A.; KADAFKI, V., (Ed.) **Plant roots: the hidden half**. New York: Marcel Decker, 1991. p. 265-286.
35. KÖPKE, U. Methods for studing root growth. In: RUSSEL, R.S.; IGUE, K.; MEHTA, Y.R. (Ed.) **THE SOIL/ROOT SYSTEM IN RELATION TO BRAZIL AGRICULTURE**. 1980, Londrina. **Proceedings...** Londrina: Fundação Instituto Agrônômico do Paraná, 1981, p.302-318.
36. KRAMER, P. J.; KOZLOWSKI, T. T. Pysiology of woody plants. London: Academic Press, 1979.
37. KRAMER, P. J. Water relations of plants. Orlando: Academis press, 1983. 489p.
38. KORTE,C.J.; HARRIS, W. Effects os grazing and cutting. In: SNAYDON,R.W. Managed grasslands: analytical studies. Amsterdan: Elsevier Science Publisher, **Ecosystems of the word**, v.17B, 1987, p. 71-79
39. LAMAIRE , G.; CHAPMAN, D. Tissue flows in grazed plant communities. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A. W. (Ed). **The ecology and management of grazing systems**. Wallingford:CAB International, 1996 p. 3-36.
40. LEMAIRE, G.; GASTAL, F. N uptake and distribution in plant canopies. In: **Diagnosis of the nitrogen status in crops**. G. LEMAIRE (Ed.) Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 1997. Cap. 1, p. 3-43.

41. LANG, C.R. **Pastejo e nitrogênio afetando atributos da fertilidade do solo e rendimento de milho em sistema de integração lavoura-pecuária** Curitiba, 2004. 85p. Tese (Doutorado em Agronomia, Produção Vegetal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
42. LUSTOSA, S.B.C. **Efeito do pastejo nas propriedades químicas do solo e no rendimento de soja e milho em rotação com pastagem consorciada de inverno no sistema plantio direto.** Curitiba, 1998 84p. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Ciência do Solo) Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
43. McMICHAEL, B.L.; TAYLOR, H.M. Applications and limitations of rhizotrons and minirhizotrons. In: TAYLOR, H.M. (Ed.) **Minirhizotrons observation tubes: Methods and applications for measuring rhizosphere dynamics.** Madison: American Society of Agronomy; Crop Science Society of America; Soil Science Society of America, 1987. p. 01-13.
44. MATCHES, A.G. Plant response to grazing: a review. **Journal of Productive Agriculture** v.5, n.1, p.1-7, 1992.
45. MATTHEW, C. A study of seasonal root and tiller dynamics in swards of perennial ryegrass (*Lolium perenne*, L.) Palmerston North, 1992. 247p. Thesis (P.H.D.)- Massey University.
46. MATSUOKA, S. **Botânica e ecofisiologia da cana-de-açúcar.** In: CURSO DE QUALIFICAÇÃO EM PLANTAS INDUSTRIAIS – Cana-de-açúcar. Maringá: UFPR/SENAR, 1996. 34p.
47. MAZZANTI, A.; LEMAIRE, G. Effect of nitrogen fertilization upon herbage production of a tall fescue sward continuously grazed by sheep. 2) Consumption and efficiency of herbage utilisation. **Grass and Forage Science**, v.49, p.352-359, 1994.
48. MELLO IVO W.M.P.; MIELNICZUK, J. Influência da estrutura do solo na distribuição e na morfologia do sistema radicular do milho sob três métodos de preparo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, n 23, p.135-143. 1999.
49. MERTEN, G.H.; MIELNICZUK, J. Distribuição do sistema radicular e dos nutrientes em latossolo roxo sob dois sistemas de preparo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, n 15, p.369-374. 1991.
50. MILLARD, P.; THOMAS, R. J.; BUCKLAND, S.T. Nitrogen supply affects the remobilization of nitrogen or the regrowth of defoliated *Lolium perenne*. **Journal of Experimental Botany**, v. 41 p.941-947, 1990.
51. MULLER, M.M.L.; FOLONI, J.S.S.; POTT, A.C.; Métodos de amostragem de raízes. In: JADOSKI, S.O.; **Enfoques Especiais para uma Agricultura em Desenvolvimento.** Guarapuava: Ed. Unicentro, 2003 189p.
52. MILLER, M.M.L.; GUIMARÃES, M.F.; DESJARDINS, T.; MARTINS, P.F.S. Degradação de pastagens na região amazônica: propriedades físicas do solo e crescimento de raízes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.11, p. 1409-1418, 2001.
53. MORAES, A. de. **Produtividade animal e dinâmica de uma pastagem de pangola (*Digitaria decumbens* Stent), azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) e trevo branco (*Trifolium repens* L.), submetida a diferentes pressões de pastejo.** Porto Alegre, 1991.

- 200p. Tese (Doutorado em Agronomia - Zootecnia), Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1991.
54. MOARES, A. de; LUSTOSA, S.B.C. Efeito do animal sobre as características do solo e a produção da pastagem. In: JOBIM, C.C.; SANTOS, G.T.; CECATO, U. (Ed.) **Simpósio sobre avaliação de pastagens com animais**, 1997, p. 129-149.
 55. MORAES, A de; SANDINI, I; ALVES, S. J.; PELISSARI, A. Sistemas de produção: integração lavoura-pecuária no 3º planalto do Paraná. In **Dinâmica da vegetação em ecossistemas pastoris: [anais da]XVIII reunião do grupo técnico em forrageiras do cone sul**. Guarapuava, 2000.
 56. MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto comparado ao convencional, sobre a camada arável do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.7, 1983. p. 95-102
 57. NGUYEN, M.L; HAYNES, R.J; GOH, K.M. Nutrients budget and status in three pairs of conventional and alternative mixed cropping farms in Canterbury. New Zealand. **Agricultural Ecosystems and Environment**, v.52, p.149-162, 1995
 58. PAGOTO, D. S. **Comprtamento do sistema radicular do capim tanzânia (*Panicum maximum*, Jacq.) sob irrigação e submetido a diferentes intensidades de pastejo**. Piracicaba, 2001. 51p. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Ciência Animal e Pastagens) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiros
 59. PETERSON, E.; SIM, A. Rhizodeposition and C-partitioning of lolium perene in axenic culture affected by nitrogen supply and defoliation. **Plant and Soli** v. 216 p. 155-164. 1999.
 60. PUCKRIDGE, D.W.; FRENCH, R. J. The annual legume pasture in cereal-ley farming systems of southern Australia: a reiew. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. Amsterdam, v.9, n.3, p.229-267, 1983.
 61. QUADROS, F.L.F.; MARASCHIN, G.E. Desempenho animal em misturas de espécies forrageiras de estação fria. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.22, n.2, p.535-541, 1987
 62. RESTLE, J.; LUPATINI, G. C.; VALENTE A.V. Avaliação de mistura de aveia preta(*Avena strigosa*) e azevém (*Lolium multiflorum*) sob pastejo submetida a níveis de nitrogênio.1. Produção animal. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 30, 1993, Rio de Janeiro. **Anais...** Soc Brás Zootec, 1993. 612 p.p.71.
 63. RESTLE, J.; ROSO,C.; SOARES, A. B. Produção animal e retorno econômico em misturas de gramíneas anuais de estação fria. **Revista. Brasileira de Zootecnia**. v.28, n.2, p.235-243. 1999.
 64. RESTLE, J.; ROSO,C.; SOARES, A. B.. LUPATINI, G. C.; ALVES FILHO, D.C.; BRONDANI, I.L. Produtividade Animal e Retorno Econômico em Pastagem de Aveia Preta mais Azevém Adubada com Fontes de Nitrogênio em Cobertura. **Revista. Brasileira de Zootecnia**. v.29, n.2, p.357-364. 2000,
 65. RICHARDS, J.H. Root growth response to defoliation in two Agropyron bunchgrasses: field observation with an improved root periscope. **O ecologia**, v.64, p21-25, 1984.

66. RODRIGUES, A.C.G.; CADIMA-ZEVALLOS, A. Efeito da intensidade de pastejo sobre o sistema radicular de pastagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.3, p. 439-445, 1991.
67. SÁ, J.C. de M. Manejo da fertilidade do Solo no Plantio Direto, Castro: Fundação ABC, p. 96,1993
68. SÁ, J.C.de M. Nitrogênio: Influência da Rotação de culturas e resposta da cultura de milho em solos sob plantio direto. In: **Curso sobre manejo do solo no Sistema Plantio Direto**. Castro, Fundação ABC, p.213-228, 1995.
69. SANDERSON, M. A.; STAIR, D. W.; HUSSEY, M. A . Physiological and morphological responses of perennial forages to stress. **Advances in agronomy**. v.59, p.171-224, 1997.
70. SCHUURMAN, J.J.; GOEDEWAAGEN, A..J.; Methods for the examination of root system and roots. Wageningen: **Centre for agricultural publishing and documentation**, 1971. 86p.
71. SIDIRAS, N. e PAVAN, M. A. Influência do sistema de manejo na temperatura do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.10, n.3; 1986. p. 181-184.
72. SIEWERDT, L.; NUNES, A.; SILVEIRA, P. Efeito da adubação nitrogenada na produção e qualidade da matéria seca de um campo natural de planossolo no rio grande do sul. **Revista Brasileira de Argrociência**, v.1, nº 3, 157-162, Set.-Dez., 1995.
73. SILVA, V.R.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular de milho afetados pelo pastejo e manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, n 24, v.1, p.191-199. 2000
74. SILVA,V.R; RESOLEM, C.A. Crescimento radicular de espécies utilizadas como cobertura decorrente da compactação do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, n 25, p.253-260. 2001.
75. SMITH, J.P.; LAWN, R.J.; NABLE, R.O.; HOGARTH, D.M. Investigations into the root : shoot relationship of sugarcane, and some implications for crop productivity in the presence of sub-optimal soil conditions. In: CONFERENCE OF THE AUSTRALIAN SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 1999, Townsville, Queensland, Australia. **Proceedings...** Brisbane, PK Editorial Services, 1999. p. 108-113.
76. TAYLOR, H. M. Managing root systems to reduce plant water deficit. In: MEHTA, Y. R. (Ed) **The soil root systems in relation to brasilian agriculture**. Londrina: IAPAR, 1981 p.45-60.
77. TAYLOR, H.M.; ARKIN, G.F. Root zone modification fundamental and alternatives. In: TAYLOR, H.M.; ARKIN,G.F. **Modifying the roots environment to reduce crop stress**. St. Joseph, Michigan, ASAE, 1981. p.3-16.
78. THORNTON, B.; MILLARD,P. Nitrogen uptake by grasses: changes induced by competing neighbour plants differing in frequency of defoliation. **Grass and Forage Science**, v.51,p.242-249, 1997

79. VOGT, K. A.; BLOOMFIELD, J. The root turnover and senescence. In: WAISEL, Y.; ESHEL, A.; KAFKAFI, U. Plant roots: the hidden half. New York: Marcel Dekker, Inc, 1991.p.287-308.
80. WAISEL, Y.; ESHEL, A.; KAFKAFI, U. Plant roots: the hidden half. New York: Marcel Dekker, Inc, 1996. 2º ed.
81. WILMAN D.; FISCHER, A Effects of interval between harvests and application of fertilizer N in spring on the growth of perennial ryegrass in a grass/white clover sward. **Grass and forage science** v.51 p.52-57, 1996.
82. WITTWER, S.H. The shape of the things to come. In CARLSON, PS. (Ed). **The biology of crop productivity**. New York: Academic Press, 1980. 471 p. [capítulo 11 p 413-459].
83. WRIHT, I.A; MAXWELL, T.J; RUSSEL, A.J.F.; HUNTER, E.A; SIBBALD, A.R; HETHERINGTON, R.A; WHYTE, T.K. The effect of grazed sward and stocking rate on animal performance and output from beef cow system. **Grass and forage science**, v.51, p.199-208, 1996.
84. WUTKE, E.B.; ARRUDA, F.B.;FANCELLI, A.L.; PEREIRA, J.C.; SAKAI, E.; FUJIWARA, M.; AMBROSANO, G.M.B. Propriedades do solo e sistema radicular do feijoeiro irrigado em rotação de culturas. **Revista Brasileira de ciência do solo**. Campinas, v.24, p.621-633, 2000

ANEXOS

ANEXO 1 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS DADOS

VARIÁVEL: MATÉRIA SECA

NOME DOS FATORES

FATOR	NOME
A	BLOCO
B	TRAT
C	POSI
D	PROF

QUADRO DA ANALISE DE VARIANCIA

CAUSAS DA VARIACAO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	PROB.>F
BLOCO	3	0.5840482	0.1946827	1.2025	0.31383
TRAT	6	0.6539135	0.1089856	0.6732	0.67372
POSI	1	21.6676263	21.6676263	133.8366	0.00001
PROF	1	35.7426912	35.7426912	220.7754	0.00001
TRA*POS	6	0.4768130	0.0794688	0.4909	0.81462
TRA*PRO	6	0.6229225	0.1038204	0.6413	0.69903
POS*PRO	1	19.5626509	19.5626509	120.8346	0.00001
TRA*POS*PRO	6	0.5506320	0.0917720	0.5669	0.75737
RESIDUO	81	13.1135868	0.1618961		
TOTAL	111	92.9748843			

MEDIA GERAL = 0.777785

COEFICIENTE DE VARIACAO = 51.732 %

VARIÁVEL: COMPRIMENTO

NOME DOS FATORES

FATOR	NOME
A	BLOCO
B	TRAT
C	POSI
D	PROF

QUADRO DA ANALISE DE VARIANCIA

CAUSAS DA VARIACAO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	PROB.>F
BLOCO	3	16.8055216	5.6018405	1.5329	0.21096
TRAT	6	27.9944641	4.6657440	1.2768	0.27653
POSI	1	283.5709317	283.5709317	77.5993	0.00001
PROF	1	710.3439390	710.3439390	194.3859	0.00001
TRA*POS	6	4.2665525	0.7110921	0.1946	0.97615
TRA*PRO	6	8.8746558	1.4791093	0.4048	0.87420
POS*PRO	1	222.8132955	222.8132955	60.9729	0.00001
TRA*POS*PRO	6	15.3705858	2.5617643	0.7010	0.65162
RESIDUO	81	295.9981211	3.6542978		
TOTAL	111	1586.0380670			

MEDIA GERAL = 5.496823

COEFICIENTE DE VARIACAO = 34.777 %

VARIÁVEL: DIÂMETRO

NOME DOS FATORES

FATOR	NOME
A	BLOCO
B	TRAT
C	POSI
D	PROF

QUADRO DA ANALISE DE VARIANCIA

CAUSAS DA VARIACAO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	PROB.>F
BLOCO	3	0.0390353	0.0130118	12.1617	0.00002
TRAT	6	0.0108720	0.0018120	1.6936	0.13248
POSI	1	0.1101764	0.1101764	102.9790	0.00001
PROF	1	0.2539174	0.2539174	237.3298	0.00001
TRA*POS	6	0.0043589	0.0007265	0.6790	0.66908
TRA*PRO	6	0.0022804	0.0003801	0.3552	0.90474
POS*PRO	1	0.0848651	0.0848651	79.3211	0.00001
TRA*POS*PRO	6	0.0036719	0.0006120	0.5720	0.75339
RESIDUO	81	0.0866613	0.0010699		
TOTAL	111	0.5958388			

MEDIA GERAL = 0.436270

COEFICIENTE DE VARIACAO = 7.497 %

VARIÁVEL: VOLUME

NOME DOS FATORES

FATOR	NOME
A	BLOCO
B	TRAT
C	POSI
D	PROF

QUADRO DA ANALISE DE VARIANCIA

CAUSAS DA VARIACAO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	PROB.>F
BLOCO	3	2.4736372	0.8245457	2.0839	0.10742
TRAT	6	1.1932806	0.1988801	0.5026	0.80597
POSI	1	28.5446222	28.5446222	72.1433	0.00001
PROF	1	52.0799751	52.0799751	131.6263	0.00001
TRA*POS	6	0.5745848	0.0957641	0.2420	0.96011
TRA*PRO	6	1.0242493	0.1707082	0.4314	0.85651
POS*PRO	1	25.0731643	25.0731643	63.3696	0.00001
TRA*POS*PRO	6	0.9253621	0.1542270	0.3898	0.88377
RESIDUO	81	32.0489100	0.3956656		
TOTAL	111	143.9377855			

MEDIA GERAL = 1.048184

COEFICIENTE DE VARIACAO = 60.010 %

ANEXO 2 – Desenho da área experimental Pastagem de Inverno – Campus UEPG

Bloco I

Bloco II

SPCN	CP45
SPSN	CP30CN
CP15CN	CP15CN
CP00CN	CO00SN
CP00SN	CP00CN
CP30CN	SPCN
CP45CN	SPSN
CP45CN	SPSN
CP30CN	SPCN
CP15CN	CP15CN
CP00SN	CP00CN
CP00CN	CP00SN
SPCN	CP30CN
SPSN	CP45CN

Bloco III

Bloco IV

SN = Sem Nitrogênio
CN = Com Nitrogênio
SP = Sem Pastejo
CP = Com Pastejo

45 = dias antes da dessecação
30 = dias antes da dessecação
15 = dias antes da dessecação
0 = dias antes da dessecação

ANEXO 3. Justificativa da terminologia RADICULAR (Ido, 2003)

Conforme "Novo dicionário da língua portuguesa", 2ª edição, 1838 p., 1986, Editora Nova Fronteira, de Aurélio Buarque de Holanda Ferreira:

- Radical**. [De *radic (i)* + *al.*]. Relativo à raiz. Morfologia vegetal veja, radicular.
- Radicela**. [Do latim *radicella*, em lugar de *radícula*]. Morfologia vegetal. Raiz pequena e delgada.
- Radice (i)**. [Do latim *radix, icis*]. Elemento de Composição = 'raiz': radicívoro; radical.
- Radicícola**. [De *radic (i)* + *cola*]. Botânica. Que vive sobre raiz.
- Radiciforme**. [De *radic (i)* + *forme*]. Morfologia vegetal. Deforma semelhante à de uma raiz: rizoma radiciforme.
- Radicívoro**. [De *radic (i)* + *voro*]. Adjetivo. Que alimenta de raízes.
- Radicola**. Adjetivo. Botânica Variante. Sincopada de *radicícola*. [Cf. *radícula*].
- Radícula** [Do latim *radícula*]. Pequena raiz. Morfologia vegetal. Pequena raiz do embrião das plantas fanerogâmicas. [Em muitos embriões não há radícula diferenciada, mas apenas o meristema que formará a futura raiz]. [Cf. *radicola*].
- Radicular** [De *radícula* + *ar*] Adjetivo. Relativo à, ou que tem forma de raiz: folha radicular. Morfologia vegetal. Relativo à *radícula*.
- Raiz**. [Do latim *radice*]. Morfologia vegetal. Porção do eixo das plantas superiores que cresce para baixo, em geral dentro do solo, e cuja função principal é fixar o organismo vegetal e retirar do substrato os nutrientes e a água necessários à vida da planta.
- Raiz adventícia**. Morfologia vegetal. Qualquer raiz que não proceda da radícula do embrião ou da raiz primária. Pode ser subterrânea ou aérea.
- Raiz fasciculada**. Morfologia vegetal. Conjunto de raízes adventícias que substitui a raiz primária, abortiva nesses casos, e forma um feixe. É tipo peculiar às monocotiledôneas. [Sinônimo: raiz em cabeleira].

A utilização da expressão RADICIAL ao contrário de RADICULAR, se baseia nos seguintes argumentos: -**Radicial**. [Do latim *radice, radix, icis*] [De *radic (i)* + *al.*]. Terminologia utilizada neste trabalho, para caracterizar as raízes da cana-de-açúcar, uma vez que o plantio tradicional da cana-de-açúcar é realizada por meio de toletes, propagação vegetativa. Na região dos primórdios das raízes do tolete e posteriormente dos perfilhos, surgem as raízes adventícias, formando um sistema de raízes fasciculadas. Termo diferenciado da terminologia radicular, tradicionalmente, usada para o sistema de raízes originária da radícula do embrião ou da raiz primária (em muitos embriões não há radícula diferenciada, mas apenas o meristema que formará a futura raiz).

Com base no texto acima, optamos pelo termo radicular, por ser a primeira radícula proveniente do embrião da semente.

ANEXO 4 – Desenvolvimento radicular de componentes físicos de pastagem de inverno avaliados nas posições linha e entre linha em profundidades de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm, para tratamentos., UEPG – Fazenda “Capão da Onça”, Ponta Grossa, PR, 2002.

Tratamentos	Matéria Seca (mg.cm ⁻³)	Comprimento (cm.cm ⁻³)	Diâmetro (mm)	Volume (cm ³ .100cm ⁻³)
a) Posição linha profundidade de 0-10 cm. (P ₁)				
SPCN	1,975	10,271	0,529	2,267
SPSN	1,976	9,857	0,565	1,871
CP00CN	2,554	11,088	0,547	2,513
CP00SN	1,952	9,358	0,547	1,999
CP15	2,043	11,088	0,534	2,617
CP30	2,480	12,072	0,564	2,366
CP45	2,348	12,039	0,523	2,570
Média	2,190	10,694	0,544	2,315
b) Posição linha profundidade de 10-20 cm (P ₂).				
SPCN	0,288	3,497	0,388	0,430
SPSN	0,255	3,748	0,398	0,495
CP00CN	0,246	1,920	0,390	0,388
CP00SN	0,157	3,362	0,385	0,334
CP15	0,215	2,934	0,397	0,371
CP30	0,225	3,147	0,395	0,380
CP45	0,258	3,505	0,395	0,449
Média	0,235	3,500	0,393	0,407
c) Posição Entre linha profundidade de 0-10 cm (P ₁).				
SPCN	0,481	4,257	0,441	0,644
SPSN	0,366	4,815	0,424	0,707
CP00CN	0,575	5,469	0,425	0,857
CP00SN	0,329	3,147	0,412	0,424
CP15	0,435	5,342	0,400	0,716
CP30	0,736	5,992	0,453	0,971
CP45	0,472	5,883	0,420	0,827
Média	0,485	4,915	0,425	0,735
d) Posição Entre linha profundidade de 10-20 cm (P ₂).				
SPCN	0,226	2,821	0,392	0,363
SPSN	0,141	1,914	0,412	0,216
CP00CN	0,209	2,777	0,390	0,354
CP00SN	0,132	2,567	0,367	0,342
CP15	0,165	2,598	0,373	0,290
CP30	0,263	3,644	0,398	0,458
CP45	0,190	3,685	0,362	0,480
Média	0,190	2,858	0,358	0,343

ANEXO 5 – Desenvolvimento do comprimento radicular (CR (cm.cm⁻³ de solo))de pastagem de inverno avaliado nas posições linha e entre linha em profundidades de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm, para tratamentos,UEPG – Fazenda “Capão da Onça”, Ponta Grossa, PR, 2002.

Tratamentos	CR		CR		CR		CR	
	CR		Ø < 0,5 mm		0,5< Ø >1,5 mm		Ø > 1,5 mm	
	(cm.cm ⁻³)		(cm.cm ⁻³)		(cm.cm ⁻³)		(cm.cm ⁻³)	
a) Posição linha profundidade de 0-10 cm. (P ₁)								
SPCN	10,271	a	6,980	a	2,967	a	0,325	a
SPSN	9,857	a	6,363	a	3,020	a	0,474	a
CP00CN	11,088	a	6,431	a	2,695	a	0,233	a
CP00SN	9,358	a	6,768	a	2,958	a	0,445	a
CP15	11,088	a	7,304	a	3,398	a	0,387	a
CP30	12,072	a	7,712	a	3,799	a	0,560	a
CP45	12,039	a	8,130	a	3,585	a	0,325	a
Média	10,694		7,098		3,203		0,393	
b) Posição linha profundidade de 10-20 cm (P ₂).								
SPCN	3,493	a	2,969	a	0,505	a	0,019	a
SPSN	3,744	a	3,118	a	0,592	a	0,034	a
CP00CN	4,139	a	2,897	a	0,940	a	0,301	a
CP00SN	3,357	a	2,870	a	0,469	a	0,019	a
CP15	2,929	a	2,466	a	0,446	a	0,017	a
CP30	3,143	a	2,597	a	0,527	a	0,019	a
CP45	3,692	a	3,181	a	0,492	a	0,019	a
Média	3,500		2,871		0,567		0,061	
c) Posição Entre linha profundidade de 0-10 cm (P ₁).								
SPCN	4,257	ab	3,454	ab	0,744	ab	0,058	b
SPSN	4,815	ab	3,931	ab	0,786	ab	0,098	ab
CP00CN	5,469	a	4,404	a	0,957	a	0,107	ab
CP00SN	3,147	b	2,598	b	0,512	b	0,036	b
CP15	5,342	a	4,480	a	0,802	ab	0,060	b
CP30	5,992	a	4,723	a	1,107	a	0,162	a
CP45	5,383	a	4,359	a	0,913	a	0,111	ab
Média	4,915		3,993		0,832		0,091	
d) Posição Entre linha profundidade de 10-20 cm (P ₂).								
SPCN	2,821	a	2,370	a	0,440	a	0,011	a
SPSN	1,914	a	1,674	a	0,234	a	0,006	a
CP00CN	2,777	a	2,365	a	0,383	a	0,029	a
CP00SN	2,567	a	2,155	a	0,392	a	0,021	a
CP15	2,598	a	2,248	a	0,338	a	0,012	a
CP30	3,644	a	3,162	a	0,459	a	0,023	a
CP45	3,685	a	3,268	a	0,399	a	0,018	a
Média	2,858		2,463		0,378		0,017	

Medidas seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.